

日本国特許庁 17.5.2004
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年 6月20日

出願番号 Application Number: 特願2003-177127

[ST. 10/C]: [JP2003-177127]

REC'D 08 JUL 2004

WIPO

PCT

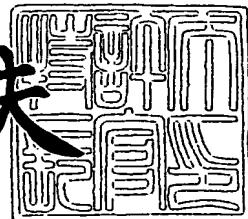
出願人 Applicant(s): 松下電器産業株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 6月18日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 2054051162
【提出日】 平成15年 6月20日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G02B 15/20
G02B 13/18
G02B 13/22

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式
会社内
【氏名】 木村 俊介

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式
会社内
【氏名】 高橋 昌之

【特許出願人】

【識別番号】 000005821
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 110000040
【氏名又は名称】 特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ
【代表者】 池内 寛幸
【電話番号】 06-6135-6051

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 139757
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0108331

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ズームレンズ、並びにそれを用いた映像拡大投写システム及びビデオプロジェクタ、並びにそのビデオプロジェクタを用いたリアプロジェクタ及びマルチビジョンシステム

【特許請求の範囲】

【請求項1】 投写レンズと空間光変調素子との間にプリズムを配してなるプロジェクタの前記投写レンズとして用いられるズームレンズであって、

前記空間光変調素子に最も近いレンズが、スクリーン側に凸面を向けたメニスカス正レンズであり、前記メニスカス正レンズの屈折率が1.75以上であることを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 前記空間光変調素子に最も近いレンズの前記スクリーン側の曲率半径をGLR1、当該レンズのd線の屈折率をGLnd、ズームレンズの広角端の空気換算のバックフォーカスをBfw、広角端のズームレンズ全系の焦点距離をfwとしたとき、下記条件式(1)を満足する請求項1に記載のズームレンズ。

$$(1) -0.3 < (GLR1 / GLnd - Bfw) / fw < -0.05$$

【請求項3】 前記空間光変調素子に最も近いレンズの前記空間光変調素子側の曲率半径をGLR2、ズームレンズの広角端の空気換算のバックフォーカスをBfw、広角端のズームレンズ全系の焦点距離をfwとしたとき、下記条件式(2)を満足する請求項1又は2に記載のズームレンズ。

$$(2) 5 < (GLR2 - Bfw) / fw$$

【請求項4】 前記空間光変調素子に最も近いレンズの焦点距離をfGL、広角端のズームレンズ全系の焦点距離をfwとしたとき、下記条件式(3)を満足する請求項1～3のいずれかに記載のズームレンズ。

$$(3) 2.5 < fGL / fw < 3.5$$

【請求項5】 前記空間光変調素子に最も近いレンズのアッペ数が3.0以下である請求項1～4のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項6】 前記空間光変調素子に最も近いレンズの部分分散をPgFGL、当該レンズのアッペ数をvdGLとしたとき、下記条件式(4)を満足する請

求項1～5のいずれかに記載のズームレンズ。

$$(4) \quad 0.01 < P_g F_G L - 0.6457 + 0.0017 \times v_d G_L$$

【請求項7】 前記空間光変調素子に最も近い負レンズの部分分散を $P_g F_G L_n$ 、当該レンズのアッペ数を $v_d G_L n$ 、前記空間光変調素子に最も近いレンズの部分分散を $P_g F_G L$ 、当該レンズのアッペ数を $v_d G_L$ としたとき、下記条件式(5)、(6)を満足する請求項1～6のいずれかに記載のズームレンズ。

$$(5) \quad P_g F_G L_n < 0.61$$

$$(6) \quad (P_g F_G L_n - P_g F_G L) / (v_d G_L n - v_d G_L) \\ < -0.0027$$

【請求項8】 前記スクリーン側から順に第1の貼り合わせ面、第2の貼り合わせ面、第3の貼り合わせ面の3つの貼り合わせ面を有しており、前記第1の貼り合わせ面を構成する正レンズのアッペ数を $v_d G_1 p$ 、部分分散を $P_g F_G 1 p$ とし、前記第1の貼り合わせ面を構成する負レンズのアッペ数を $v_d G_1 n$ 、部分分散を $P_g F_G 1 n$ とし、前記第2の貼り合わせ面を構成する正レンズのアッペ数を $v_d G_2 p$ 、部分分散を $P_g F_G 2 p$ とし、前記第2の貼り合わせ面を構成する負レンズのアッペ数を $v_d G_2 n$ 、部分分散を $P_g F_G 2 n$ とし、前記第3の貼り合わせ面を構成する正レンズの部分分散を $P_g F_G 3 p$ とし、前記第3の貼り合わせ面を構成する負レンズの部分分散を $P_g F_G 3 n$ としたとき、下記条件式(7)～(11)を満足する請求項1～7のいずれかに記載のズームレンズ。

$$(7) \quad 6 < v_d G_1 p - v_d G_1 n < 12$$

$$(8) \quad P_g F_G p_1 - P_g F_G n_1 < -0.02$$

$$(9) \quad 20 < v_d G_2 p - v_d G_2 n < 40$$

$$(10) \quad |P_g F_G p_2 - P_g F_G n_2| < 0.007$$

$$(11) \quad |P_g F_G p_3 - P_g F_G n_3| < 0.07$$

【請求項9】 前記第2の貼り合わせ面を構成する正レンズのアッペ数が90以上である請求項8に記載のズームレンズ。

【請求項10】 前記空間光変調素子側から前記スクリーン側に向かって順に

、前記スクリーン側に凸面を向けた前記メニスカス正レンズ、正レンズ、正レンズの3つのレンズが配置されている請求項1～9のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項11】 前記スクリーン側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群とを備え、

広角端から望遠端への変倍（ズーミング）に際して、前記第1レンズ群と前記第5レンズ群は固定されたままで、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と前記第4レンズ群は光軸上を前記スクリーン側に移動し、

前記第3レンズ群は、前記スクリーン側から順に配置された、正レンズと負レンズとの接合レンズと、正レンズと負レンズとの接合レンズとにより構成され、

前記第4レンズ群は、前記スクリーン側から順に配置された、両面が凹の負レンズと、両面が凹の負レンズと両面が凸の正レンズとの接合レンズと、正レンズと、正レンズとにより構成された請求項1～10のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項12】 前記スクリーン側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを備え、

広角端から望遠端への変倍（ズーミング）に際して、前記第1レンズ群と前記第4レンズ群は固定されたままで、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群は光軸上を前記スクリーン側に移動し、

前記第1レンズ群は、前記スクリーン側から順に配置された、負の屈折力を有する第11レンズ群と正の屈折力を有する第12レンズ群とにより構成され、フォーカス調整に際して、前記第11レンズ群と前記第12レンズ群との間隔が変化する請求項1～10のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項13】 前記第12レンズ群は、前記空間光変調素子側に凸面を向けたメニスカス正レンズからなる請求項12に記載のズームレンズ。

【請求項14】 レンズ全系の倍率が0.0023～0.0188倍である請

求項1～13のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項15】 広角端のFナンバーが1.7である請求項1～14のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項16】 ズーム比が1.3である請求項1～15のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項17】 光源と、前記光源から放射される光によって照明されると共に、光学像を形成する空間光変調素子と、前記空間光変調素子上の光学像を投写する投写手段とを備えた映像拡大投写システムであって、

前記投写手段として請求項1～16のいずれかに記載のズームレンズを用いることを特徴とする映像拡大投写システム。

【請求項18】 光源と、前記光源からの光を青、緑、赤の3色に時間的に制限する手段と、前記光源から放射される光によって照明されると共に、時間的に変化する青、緑、赤の3色に対応する光学像を形成する空間光変調素子と、前記空間光変調素子上の光学像を投写する投写手段とを備えたビデオプロジェクタであって、

前記投写手段として請求項1～16のいずれかに記載のズームレンズを用いることを特徴とするビデオプロジェクタ。

【請求項19】 請求項18に記載のビデオプロジェクタと、前記投写手段から投写された光を折り曲げるミラーと、前記ミラーによって折り曲げられた光を映像として映し出す透過型スクリーンとを備えたリアプロジェクタ。

【請求項20】 請求項18に記載のビデオプロジェクタと、前記投写手段から投写された光を映像として映し出す透過型スクリーンと、筐体とをそれぞれ有する複数台のシステムと、

映像信号を分割して前記各ビデオプロジェクタに送る映像分割回路とを備えたマルチビジョンシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ズームレンズ、及び空間光変調素子の映像をスクリーン上に拡大投

写するプロジェクタに関し、特に、反射型空間光変調素子を用いたプロジェクタの投写レンズに好適なズームレンズ及びそれを用いたプロジェクタに関する。

【0002】

【従来の技術】

この種のズームレンズとしては、例えば、特許文献1～4に開示されたものが知られている。

【0003】

赤、緑、青の三原色の透過型空間光変調素子を用いるプロジェクタにおいては、3色を合成するプリズム（色合成プリズム）が投写レンズと空間光変調素子との間に配置される。このため、投写レンズは、長いバックフォーカスを必要とする。色合成プリズムは分光特性に入射角依存性を有するため、共役距離の短い側の瞳位置を空間光変調素子から十分遠方にする光学系、すなわち、テレセントリック性を有する光学系が必要となる。

【0004】

【特許文献1】 特開2001-311872号公報

【0005】

【特許文献2】 特開2000-98222号公報

【0006】

【特許文献3】 特開2001-51195号公報

【0007】

【特許文献4】 特開2002-148515号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

プロジェクタの設置場所の自由度を向上させるために、投写レンズの光軸と投写画像の中心をずらすことが行われている。また、両者のずらし量を可変にしたプロジェクタも提案されている。

【0009】

反射型の空間光変調素子を用いたプロジェクタにおいては、空間光変調素子に対して投写レンズ側に光源を配置する必要がある。そして、この場合、光源から

の照明光と投写レンズとが干渉しないように光源を配置する必要がある。これを実現するために、例えば、投写レンズの光軸と空間光変調素子の中心をずらすことが行なわれている。しかし、この方法では、両者のずらし量を可変にすることはできず、一定のずらし量で使用するしかなかった。

【0010】

投写レンズの光軸と投写画像の中心のずらし量を可変にするために、投写レンズと空間光変調素子との間に内面全反射を利用したプリズムを配置することが提案されている。そして、この全反射プリズムを用いるプロジェクタの投写レンズには、全反射プリズムを配置するための長いバックフォーカスと、全反射の条件を維持するためのテレセントリック性とが要求される。この条件は、透過型空間光変調素子を用いたプロジェクタの投写レンズに要求される条件と同じである。

【0011】

反射型空間光変調素子と全反射プリズムとテレセントリックタイプの投写レンズとを用いたプロジェクタにおいては、透過型空間光変調素子と色合成プリズムとテレセントリックタイプの投写レンズとを用いたプロジェクタでは発生しない不要光が発生し、大きな問題となっている。

【0012】

反射型空間光変調素子は、投写レンズ側からの光に対する反射率が高いため、投写レンズで発生した不要光が反射型空間光変調素子で反射され、再度投写レンズを通ってスクリーン上へ投写されてしまう。

【0013】

透過型空間光変調素子と色合成プリズムとテレセントリックタイプの投写レンズとを用いたプロジェクタにおいては、透過型空間光変調素子の反射率が低いために大きな問題とはならない。透過型空間光変調素子の反射率を4%とすると、反射型空間光変調素子の反射率は90%であり、反射型空間光変調素子の反射率は透過型空間光変調素子の反射率に比べて22.5倍も高い。

【0014】

反射型空間光変調素子と投写レンズの光軸のずらし量を固定したプロジェクタにおいては、両者のずらし量が大きいために、投写レンズの光軸に対称な位置に

相当する場所に反射型空間光変調素子は存在しない。一般的に、不要光は、投写レンズの光軸に対称な位置によく発生する。従って、反射型空間光変調素子と投写レンズの光軸のずらし量を固定したプロジェクタにおいては、投写レンズで発生した不要光が反射型空間光変調素子で反射され、再度投写レンズを通ってスクリーン上へ投写されてしまうことは少ない。

【0015】

本発明は、従来技術における前記課題を解決するためになされたものであり、投写画像の位置を投写レンズの光軸に対して可変にできる反射型空間光変調素子を用いたプロジェクタを実現するために、長いバックフォーカスを有しながら、歪曲収差、軸上色収差、倍率色収差を小さくすることができ、しかも、投写距離を変化させても性能変化、不要光の発生の少ない、投写レンズに好適なズームレンズ及びそれを用いたプロジェクタを提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するため、本発明に係るズームレンズの構成は、投写レンズと空間光変調素子との間にプリズムを配してなるプロジェクタの前記投写レンズとして用いられるズームレンズであって、

前記空間光変調素子に最も近いレンズが、スクリーン側に凸面を向けたメニスカス正レンズであり、前記メニスカス正レンズの屈折率が1.75以上であることを特徴とする。

【0017】

このズームレンズの構成によれば、当該ズームレンズを、投写レンズと空間光変調素子との間にプリズムを配してなるプロジェクタの前記投写レンズとして用いた場合に、空間光変調素子に最も近いレンズで発生した不要な反射光が空間光変調素子上で結像することはない。また、空間光変調素子で反射された不要光は光軸に対して大きな角度で投写レンズとしてのズームレンズに向かうことになるので、当該ズームレンズを通ってスクリーン上に到達できる不要光は、空間光変調素子に最も近いレンズで発生した不要な反射光の一部のみとなる。さらに、空間光変調素子に最も近いレンズは、屈折率が高いために、反射防止コーティング

が施された後の反射率が屈折率が低い場合よりも低くなり、空間光変調素子に最も近いレンズで発生する不要な反射光を減少させることができる。従って、上記構成を有するプロジェクタの投写レンズとして用いた場合にゴーストの発生を防止しコントラストの高い映像を得ることのできるズームレンズを実現することができる。

【0018】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、前記空間光変調素子に最も近いレンズの前記スクリーン側の曲率半径をGLR1、当該レンズのd線の屈折率をGLnd、ズームレンズの広角端の空気換算のバックフォーカスをBfw、広角端のズームレンズ全系の焦点距離をfwとしたとき、下記条件式(1)を満足するのが好ましい。

【0019】

$$(1) -0.3 < (GLR1 / GLnd - Bfw) / fw < -0.05$$

この好ましい例によれば、空間光変調素子に最も近いレンズのスクリーン側の面で反射した不要光が空間光変調素子上で結像するのを防止することができる。さらに、空間光変調素子に最も近いレンズのスクリーン側の面で反射にした不要光は空間光変調素子で再度反射され、その反射光は光軸に対して大きな角度で投写レンズとしてのズームレンズに向かうことになるので、当該ズームレンズを通ってスクリーン上に到達できる不要光は、空間光変調素子に最も近いレンズで発生した不要な反射光の一部のみとなる。その結果、投写画面の画質の劣化を防止することができる。

【0020】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、前記空間光変調素子に最も近いレンズの前記空間光変調素子側の曲率半径をGLR2、ズームレンズの広角端の空気換算のバックフォーカスをBfw、広角端のズームレンズ全系の焦点距離をfwとしたとき、下記条件式(2)を満足するのが好ましい。

【0021】

$$(2) 5 < (GLR2 - Bfw) / fw$$

この好ましい例によれば、空間光変調素子に最も近いレンズの空間光変調素子

側の面で反射した不要光が空間光変調素子上で結像するのを防止することができる。

【0022】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、前記空間光変調素子に最も近いレンズの焦点距離を f_{GL} 、広角端のズームレンズ全系の焦点距離を f_w としたとき、下記条件式（3）を満足するのが好ましい。

【0023】

$$(3) \quad 2.5 < f_{GL} / f_w < 3.5$$

この好ましい例によれば、歪曲収差を良好に補正して、広角端と望遠端での収差のバランスを良好なものとすることができる。

【0024】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、前記空間光変調素子に最も近いレンズのアッペ数が30以下であるのが好ましい。この好ましい例によれば、レンズ全体での倍率色収差を小さく抑えて、ズームレンズを高性能化することができる。

【0025】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、前記空間光変調素子に最も近いレンズの部分分散を $P_g F GL$ 、当該レンズのアッペ数を $\nu_d GL$ としたとき、下記条件式（4）を満足するのが好ましい。

【0026】

$$(4) \quad 0.01 < P_g F GL - 0.6457 + 0.0017 \times \nu_d GL$$

この好ましい例によれば、赤、緑、青の3色の倍率色収差を小さく抑えることができる。

【0027】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、前記空間光変調素子に最も近い負レンズの部分分散を $P_g F GL_n$ 、当該レンズのアッペ数を $\nu_d GL_n$ 、前記空間光変調素子に最も近いレンズの部分分散を $P_g F GL$ 、当該レンズのアッペ数を $\nu_d GL$ としたとき、下記条件式（5）、（6）を満足するのが好ましい。

【0028】

- (5) $P_g FGL_n < 0.61$
 (6) $(P_g FGL_n - P_g FGL) / (\nu_d GL_n - \nu_d GL) < -0.0027$

この好ましい例によれば、赤、緑、青の3色の倍率色収差を小さく抑えることができる。

【0029】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、前記スクリーン側から順に第1の貼り合わせ面、第2の貼り合わせ面、第3の貼り合わせ面の3つの貼り合わせ面を有しており、前記第1の貼り合わせ面を構成する正レンズのアッペ数を $\nu_d G 1 p$ 、部分分散を $P_g F G 1 p$ とし、前記第1の貼り合わせ面を構成する負レンズのアッペ数を $\nu_d G 1 n$ 、部分分散を $P_g F G 1 n$ とし、前記第2の貼り合わせ面を構成する正レンズのアッペ数を $\nu_d G 2 p$ 、部分分散を $P_g F G 2 p$ とし、前記第2の貼り合わせ面を構成する負レンズのアッペ数を $\nu_d G 2 n$ 、部分分散を $P_g F G 2 n$ とし、前記第3の貼り合わせ面を構成する正レンズの部分分散を $P_g F G 3 p$ とし、前記第3の貼り合わせ面を構成する負レンズの部分分散を $P_g F G 3 n$ としたとき、下記条件式(7)～(11)を満足するのが好ましい。

【0030】

- (7) $6 < \nu_d G p 1 - \nu_d G n 1 < 12$
 (8) $P_g F G p 1 - P_g F G n 1 < -0.02$
 (9) $20 < \nu_d G p 2 - \nu_d G n 2 < 40$
 (10) $|P_g F G p 2 - P_g F G n 2| < 0.007$
 (11) $|P_g F G p 3 - P_g F G n 3| < 0.07$

この好ましい例によれば、赤、緑、青の3色の倍率色収差を小さく抑えることができる。

【0031】

また、この場合には、前記第2の貼り合わせ面を構成する正レンズのアッペ数が90以上であるのが好ましい。この好ましい例によれば、赤、緑、青の3色の

軸上色収差を小さく抑えることができる。

【0032】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、前記空間光変調素子側から前記スクリーン側に向かって順に、前記スクリーン側に凸面を向けた前記メニスカス正レンズ、正レンズ、正レンズの3つのレンズが配置されているのが好ましい。この好ましい例によれば、空間光変調素子に最も近いレンズのレンズ面で反射した不要光の影響を小さくすることができると共に、球面収差を小さく抑えることができ、また、レンズ組立時の組立誤差が解像力に与える影響を小さくすることができる。

【0033】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、前記スクリーン側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群とを備え、

広角端から望遠端への変倍（ズーミング）に際して、前記第1レンズ群と前記第5レンズ群は固定されたままで、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と前記第4レンズ群は光軸上を前記スクリーン側に移動し、

前記第3レンズ群は、前記スクリーン側から順に配置された、正レンズと負レンズとの接合レンズと、正レンズと負レンズとの接合レンズとにより構成され、

前記第4レンズ群は、前記スクリーン側から順に配置された、両面が凹の負レンズと、両面が凹の負レンズと両面が凸の正レンズとの接合レンズと、正レンズと、正レンズとにより構成されているのが好ましい。この好ましい例によれば、小さな歪曲収差と、良好な軸上色収差と、良好な倍率色収差を、ズームレンズの各倍率で実現することができる。

【0034】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、前記スクリーン側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを備え、

広角端から望遠端への変倍（ズーミング）に際して、前記第1レンズ群と前記第4レンズ群は固定されたままで、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群は光軸上を前記スクリーン側に移動し、

前記第1レンズ群は、前記スクリーン側から順に配置された、負の屈折力を有する第11レンズ群と正の屈折力を有する第12レンズ群により構成され、フォーカス調整に際して、前記第11レンズ群と前記第12レンズ群との間隔が変化するのが好ましい。この好ましい例によれば、レンズ構成を簡略化しながら、投写距離を変化させたときの収差の変動を小さく抑えることができると共に、小さな歪曲収差と、良好な軸上色収差と、良好な倍率色収差を、ズームレンズの各倍率で実現することができる。

【0035】

また、この場合には、前記第12レンズ群は、前記空間光変調素子側に凸面を向けたメニスカス正レンズからなるのが好ましい。この好ましい例によれば、歪曲収差を小さく抑えることができる。

【0036】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、レンズ全系の倍率が0.0023～0.0188倍であるのが好ましい。この好ましい例によれば、明るくてコンパクトなプロジェクタを実現することのできる投写レンズが得られる。

【0037】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、広角端のFナンバーが1.7であるのが好ましい。この好ましい例によれば、明るいプロジェクタを実現することのできる投写レンズが得られる。

【0038】

また、前記本発明のズームレンズの構成においては、ズーム比が1.3であるのが好ましい。この好ましい例によれば、設置自由度の大きいプロジェクタが得られるズームレンズを実現することができる。

【0039】

また、本発明に係る映像拡大投写システムの構成は、光源と、前記光源から放射される光によって照明されると共に、光学像を形成する空間光変調素子と、前

記空間光変調素子上の光学像を投写する投写手段とを備えた映像拡大投写システムであって、

前記投写手段として前記本発明のズームレンズを用いることを特徴とする。

【0040】

この映像拡大投写システムの構成によれば、投写手段として前記本発明のズームレンズを用いていることにより、不要光の少ない画像を投写することができるるので、ゴーストの発生やコントラストの低下の少ない画面を得ることのできる映像拡大投写システムを実現することができる。

【0041】

また、本発明に係るビデオプロジェクタの構成は、光源と、前記光源からの光を青、緑、赤の3色に時間的に制限する手段と、前記光源から放射される光によって照明されると共に、時間的に変化する青、緑、赤の3色に対応する光学像を形成する空間光変調素子と、前記空間光変調素子上の光学像を投写する投写手段とを備えたビデオプロジェクタであって、

前記投写手段として前記本発明のズームレンズを用いることを特徴とする。

【0042】

このビデオプロジェクタの構成によれば、投写手段として前記本発明のズームレンズを用いていることにより、倍率色収差がよく補正され、青、緑、赤の3色の映像をスクリーン上ですれることなく重ね合わせることができる。その結果、明るくて高精細な映像を得ることのできるビデオプロジェクタを実現することができる。

【0043】

また、本発明に係るリアプロジェクタの構成は、前記本発明のビデオプロジェクタと、前記投写手段から投写された光を折り曲げるミラーと、前記ミラーによって折り曲げられた光を映像として映し出す透過型スクリーンとを備えていることを特徴とする。

【0044】

このリアプロジェクタの構成によれば、前記本発明のビデオプロジェクタが用いられているので、高精細な画面を得ることのできるリアプロジェクタを実現す

ることができる。

【0045】

また、本発明に係るマルチビジョンシステムの構成は、前記本発明のビデオプロジェクタと、前記投写手段から投写された光を映像として映し出す透過型スクリーンと、筐体とをそれぞれ有する複数台のシステムと、

映像信号を分割して前記各ビデオプロジェクタに送る映像分割回路とを備えていることを特徴とする。

【0046】

このマルチビジョンシステムの構成によれば、前記本発明のビデオプロジェクタが用いられているので、歪曲収差がよく補正され、各ビデオプロジェクタからの映像のつなぎ目がよく一致する。その結果、高精細な画面を得ることのできるマルチビジョンシステムを実現することができる。

【0047】

【発明の実施の形態】

本発明は、プロジェクタにおける投写レンズのレンズ面での反射と反射型空間光変調素子での反射による不要光に着目してなされたものであり、投写レンズの各レンズ面を制御することにより、収差を小さくしながら、不要光による投写画面の劣化を少なくすることのできる、投写レンズとしてのズームレンズを実現することを目的としている。

【0048】

投写レンズ（ズームレンズ）の各レンズ面には反射防止コーティング材料が蒸着され、反射が少なくなるように工夫されている。しかし、蒸着処理を施しても、0.4%程度の反射率は残ってしまう。そして、反射型空間光変調素子を用いてプロジェクタを構成したときに、投写レンズ（ズームレンズ）のレンズ面で反射する光が有害な不要光となる。この不要光は、反射型空間光変調素子上で小さなスポットとなって結像するときに問題となる。このとき、問題となる反射面は、反射型空間光変調素子に対してコンセントリックな形状となっている。

【0049】

投写レンズと空間光変調素子との間にプリズムを配してなるプロジェクタの前

記投写レンズは、長いバックフォーカスとテレセントリック性を必要とする。従って、投写レンズをコンパクトにするためにも、投写レンズの空間光変調素子側は正のレンズで構成するのが望ましい。この正のレンズは、軸上光線高が高く、主光線高も高いため、収差を小さく抑える必要があり、2～3枚の小さな屈折力を有する正レンズに分割されて構成される。そして、これらの複数枚の正レンズは、軸上光線高が高いので、球面収差に対して最適な形状となるように構成される。

【0050】

しかし、球面収差の発生を少なくするこれらの複数枚の正レンズのスクリーン側の面は、空間光変調素子に対してコンセントリックな形状になり易い。

【0051】

上記複数枚の正レンズのスクリーン側の面が空間光変調素子に対してコンセントリックな形状になるのを防ぐために、空間光変調素子に最も近いレンズを、大きな屈折力を有する正レンズで構成することが考えられる。しかし、大きな屈折力を有する正レンズは大きな収差を発生させるため、ズームの各倍率での収差のバランスをとることが困難となる。

【0052】

また、上記複数枚の正レンズのスクリーン側の面が空間光変調素子に対してコンセントリックな形状になるのを防ぐために、空間光変調素子に最も近いレンズを、小さな屈折力を有する正レンズで構成することも考えられる。正レンズのスクリーン側の面で反射した光は反射型空間光変調素子上で大きなスポットを形成するが、各反射光の光軸に対する角度は小さく、反射型空間光変調素子で再度反射した不要光のほとんどが投写レンズを通ってスクリーン上に到達してしまう。従って、投写画像は、ゴーストのような著しい欠陥とはならないが、コントラストの低下した、フレアーのかかった画像となってしまう。

【0053】

さらに、上記複数枚の正レンズのスクリーン側の面が空間光変調素子に対してコンセントリックな形状になるのを防ぐために、正レンズを低屈折率の硝材で構成し、かつ、空間光変調素子に最も近いレンズを、面の曲率が大きく、反射に対

して大きな屈折力を有する正レンズで構成することも考えられる。しかし、大きな曲率の正レンズは大きな収差を発生させるため、ズームの各倍率での収差のバランスをとることが困難となる。

【0054】

本発明は、投写レンズとして用いられるズームレンズを構成するレンズのうち空間光変調素子に最も近いレンズを、スクリーン側に凸面を向けたメニスカス正レンズで構成し、このメニスカス正レンズの屈折率を1.75以上とすることにより、空間光変調素子に最も近いレンズのスクリーン側の面の、空間光変調素子からの反射光に対する屈折力を大きくして、不要光がスクリーン上に到達しないようにしながら、空間光変調素子に最も近いレンズの全体の屈折力をあまり大きくせず、収差の発生を少なくして、高精細なズームレンズを実現している。

【0055】

以下、このメニスカス正レンズの屈折率を1.75以上とすることの意義について、さらに詳細に説明する。

【0056】

プロジェクタ用の投写レンズとして用いられるズームレンズの内部で発生する不要光は、ゴーストの発生やコントラストの低下を引き起こす。ズームレンズのレンズ面からの反射光は、小さなスポットとなって空間変調素子に戻るときにゴーストとなるが、小さなスポットとならないようにレンズの形状を工夫することができる。一方、空間変調素子上で大きなスポットとなって戻ってくる光は、再度投写レンズとしてのズームレンズを通ってスクリーン上に到達する。この光は、スクリーン上で大きく拡散するためにゴーストとしては認識されないが、本来黒い映像であるべきところに到達するので、コントラストの低下を引き起こして画質を劣化させる。

【0057】

従って、ゴーストの発生を防止しコントラストの高い映像を得るために、レンズ形状を工夫すると共に、レンズ面の反射率を低下させることが必要となる。

【0058】

反射率を低下させるために、レンズ面には反射防止コーティングが施される。

しかし、使用できるコーティング材料は限られているため、理想的な反射防止条件を満足させることができず、レンズ面はある一定の反射率を持つことになる。一般的なコーティング材料であるフッ化マグネシウムをコーティング材料として使用する場合、レンズの屈折率が1.5のとき、反射率は1.50%、レンズの屈折率が1.53のとき、反射率は1.2041%、レンズの屈折率が1.59のとき、反射率は0.86%、レンズの屈折率が1.63のとき、反射率は0.614%、レンズの屈折率が1.65のとき、反射率は0.55%、レンズの屈折率が1.71のとき、反射率は0.31%、レンズの屈折率が1.73のとき、反射率は0.2373%、レンズの屈折率が1.75のとき、反射率は0.18%、レンズの屈折率が1.81のとき、反射率は0.08%、レンズの屈折率が1.83のとき、反射率は0.0426%、と計算できる（図1（a）参照）。

【0059】

正規の光路の光量を100とするとき、不要光の光量は以下のように概算できる。

【0060】

不要光の光量=正規の光量×レンズの反射率×空間変調素子での反射率

コントラストは、正規の光量÷不要光の光量で定義される。空間変調素子の反射率は90%である。よって、レンズの屈折率が1.5のとき、コントラストは74.07407、レンズの屈折率が1.53のとき、コントラストは92.3、レンズの屈折率が1.59のとき、コントラストは129.199、レンズの屈折率が1.63のとき、コントラストは181、レンズの屈折率が1.65のとき、コントラストは202.0202、レンズの屈折率が1.71のとき、コントラストは358.4229、レンズの屈折率が1.73のとき、コントラストは468、レンズの屈折率が1.75のとき、コントラストは617.284、レンズの屈折率が1.81のとき、コントラストは1388.889、レンズの屈折率が1.83のとき、コントラストは2608、と計算できる（図1（b）参照）。

【0061】

以上の計算結果を、下記（表1）に示す。

【0062】

【表1】

ガラスの屈折率	反射率(%)	コントラスト	良否
1.5	1.50	74.07407	×
1.53	1.2041	92.3	×
1.59	0.86	129.199	×
1.63	0.614	181	×
1.65	0.55	202.0202	×
1.71	0.31	358.4229	×
1.73	0.2373	468	×
1.75	0.18	617.284	○
1.81	0.08	1388.889	○
1.83	0.0426	2608	○

【0063】

コントラストは高い方が望ましいが、ある程度の明るさの環境下で使用するとの多いプレゼンテーション用のプロジェクタの場合、コントラストは500程度あれば問題とならない。よって、上記（表1）より、空間光変調素子に最も近いメニスカス正レンズの屈折率は1.75以上であればよいことが分かる。

【0064】

本発明の目的とするズームレンズは、以上の構成によって実現されるが、さらに以下の諸項目を満足させることにより、光学性能上望ましいものとすることができる。

【0065】

空間光変調素子に最も近いレンズGLのスクリーン側の曲率半径をGLR1、当該レンズGLのd線の屈折率をGLnd、ズームレンズの広角端の空気換算のバックフォーカスをBfw、広角端のズームレンズ全系の焦点距離をfwとしたとき、下記条件式（1）を満足するのが望ましい。

【0066】

$$(1) -0.3 < (GLR1 / GLnd - Bfw) / fw < -0.05$$

上記条件式(1)は、空間光変調素子に最も近いレンズGLのスクリーン側の曲率半径GLR1を、当該レンズGLのd線の屈折率GLndとズームレンズの広角端の空気換算のバックフォーカスBfwと広角端のズームレンズ全系の焦点距離fwとによって規定したものである。 $(GLR1/GLnd - Bfw)/fw \geq -0.3$ 以下になると、レンズGLのスクリーン側の面の屈折力が大きくなり、この面で発生する収差が大きくなつて、レンズ系全体で収差を補正することが困難となる。一方、 $(GLR1/GLnd - Bfw)/fw \leq -0.05$ 以上になると、レンズGLのスクリーン側の面の屈折力が小さくなり、この面で反射した不要光が空間光変調素子上で小さなスポットを形成することになる。その結果、スクリーン上に不要光が到達し、投写画面の画質の劣化を招いてしまう。

【0067】

空間光変調素子に最も近いレンズGLの空間光変調素子側の曲率半径をGLR2、ズームレンズの広角端の空気換算のバックフォーカスをBfw、広角端のズームレンズ全系の焦点距離をfwとしたとき、下記条件式(2)を満足するのが望ましい。

【0068】

$$(2) \quad 5 < (GLR2 - Bfw) / fw$$

上記条件式(2)は、空間光変調素子に最も近いレンズGLの空間光変調素子側の曲率半径を、ズームレンズの広角端の空気換算のバックフォーカスBfwと広角端のズームレンズ全系の焦点距離fwとによって規定したものである。 $(GLR2 - Bfw) / fw \geq 5$ 以下になると、レンズGLの空間光変調素子側の面で反射する不要光が空間光変調素子上で小さなスポットを形成することになる。その結果、スクリーン上に不要光が到達し、投写画面の画質の劣化を招いてしまう。

【0069】

空間光変調素子に最も近いレンズGLの焦点距離をfGL、広角端のズームレンズ全系の焦点距離をfwとしたとき、下記条件式(3)を満足するのが望ましい。

【0070】

(3) $2.5 < f_{GL} / f_w < 3.5$

上記条件式(3)は、空間光変調素子に最も近いレンズGLの焦点距離 f_{GL} を、広角端のズームレンズ全系の焦点距離 f_w によって規定したものである。 f_{GL} / f_w が2.5以下になると、大きな収差が発生して補正が困難になる。 f_{GL} / f_w が3.5以上になると、不要光が空間光変調素子上で小さなスポットを形成することになる。その結果、スクリーン上に不要光が到達し、投写画面の画質の劣化を招いてしまう。

【0071】

空間光変調素子に最も近いレンズGLのアッペ数は、30以下であるのが望ましい。空間光変調素子に最も近いレンズGLは、主光線高が高いので、倍率色収差が発生しやすい場所で、倍率色収差を発生させ、レンズ全体で倍率色収差を小さく抑えることが、ズームレンズを高性能化するための条件となる。このように空間光変調素子に最も近いレンズGLのアッペ数を30以下とすることにより、空間光変調素子に最も近いレンズGLで倍率色収差を制御して、レンズ全体での倍率色収差を小さく抑え、ズームレンズを高性能化することができる。

【0072】

空間光変調素子に最も近いレンズGLの部分分散を $P_g F_{GL}$ 、当該レンズGLのアッペ数を $\nu_d G_L$ としたとき、下記条件式(4)を満足するのが望ましい。

【0073】

$$(4) \quad 0.01 < P_g F_{GL} - 0.6457 + 0.0017 \times \nu_d G_L$$

ここで、g線の屈折率を n_g 、F線の屈折率を n_F 、C線の屈折率を n_C としたとき、部分分散は $P_g F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ で表記される。

【0074】

上記条件式(4)は、空間光変調素子に最も近いレンズGLの部分分散 $P_g F_{GL}$ を、当該レンズGLのアッペ数 $\nu_d G_L$ によって規定したものである。 $P_g F_{GL} - 0.6457 + 0.0017 \times \nu_d G_L$ が0.01以下になると、倍率色収差が補正過剰となってしまう。

【0075】

空間光変調素子側から見て空間光変調素子に最も近い負レンズ $G_L n$ の部分分散を P_{gFGLn} 、当該レンズ $G_L n$ のアッペ数を ν_{dGLn} 、空間光変調素子に最も近いレンズ G_L の部分分散を P_{gFGL} 、当該レンズ G_L のアッペ数を ν_{dGL} としたとき、下記条件式(5)、(6)を満足するのが望ましい。

【0076】

$$(5) \quad P_{gFGLn} < 0.61$$

$$(6) \quad (P_{gFGLn} - P_{gFGL}) / (\nu_{dGLn} - \nu_{dGL}) \\ < -0.0027$$

上記条件式(5)は、空間光変調素子に最も近い負レンズ $G_L n$ の部分分散を規定したものであり、 P_{gFGLn} が0.61以上になると、倍率色収差が補正過剰となってしまう。

【0077】

上記条件式(6)は、空間光変調素子に最も近い負レンズ $G_L n$ の部分分散 P_{gFGLn} と空間光変調素子に最も近い正レンズ G_L の部分分散 P_{gFGL} との関係を、それぞれのアッペ数 ν_{dGLn} 、 ν_{dGL} によって規定したものであり、空間光変調素子に最も近い負レンズ $G_L n$ と空間光変調素子に最も近い正レンズ G_L で倍率色収差のバランスがとられている。 $(P_{gFGLn} - P_{gFGL}) / (\nu_{dGLn} - \nu_{dGL})$ が-0.0027以上になると、倍率色収差が補正過剰となってしまう。

【0078】

本ズームレンズは、3つの貼り合わせ面を有している。スクリーン側から順に第1の貼り合わせ面、第2の貼り合わせ面、第3の貼り合わせ面としたとき、第1の貼り合わせ面を構成する正レンズを G_{1p} 、第1の貼り合わせ面を構成する負レンズを G_{1n} 、第2の貼り合わせ面を構成する正レンズを G_{2p} 、第2の貼り合わせ面を構成する負レンズを G_{2n} 、第3の貼り合わせ面を構成する正レンズを G_{3p} 、第3の貼り合わせ面を構成する負レンズを G_{3n} とする。この場合、レンズ G_{1p} のアッペ数を ν_{dG1p} 、部分分散を P_{gFG1p} とし、レンズ G_{1n} のアッペ数を ν_{dG1n} 、部分分散を P_{gFG1n} とし、レンズ G_{2p} のアッペ数を ν_{dG2p} 、部分分散を P_{gFG2p} とし、レンズ G_{2n} のアッペ数

を νdG_{2n} 、部分分散を $PgFG_{2n}$ とし、レンズ G_{3p} の部分分散を PgF_{G3p} とし、レンズ G_{3n} の部分分散を $PgFG_{3n}$ としたとき、下記条件式（7）～（11）を満足するのが望ましい。

【0079】

- (7) $6 < \nu dG_{p1} - \nu dG_{n1} < 12$
- (8) $PgFG_{p1} - PgFG_{n1} < -0.02$
- (9) $20 < \nu dG_{p2} - \nu dG_{n2} < 40$
- (10) $|PgFG_{p2} - PgFG_{n2}| < 0.007$
- (11) $|PgFG_{p3} - PgFG_{n3}| < 0.07$

上記条件式（7）は、第1の貼り合わせ面を構成する正レンズ G_{1p} と第1の貼り合わせ面を構成する負レンズ G_{1n} のアッベ数差を規定したものであり、倍率色収差の補正に関係している。 $\nu dG_{p1} - \nu dG_{n1}$ が 6 以下になると、倍率色収差が補正過剰となり、 $\nu dG_{p1} - \nu dG_{n1}$ が 12 以上になると、倍率色収差が補正不足となってしまう。

【0080】

上記条件式（8）は、第1の貼り合わせ面を構成する正レンズ G_{1p} と第1の貼り合わせ面を構成する負レンズ G_{1n} の部分分散の差を規定したものであり、倍率色収差の補正に関係している。 $PgFG_{p1} - PgFG_{n1}$ が -0.02 以上になると、倍率色収差が補正不足となってしまう。

【0081】

上記条件式（9）は、第2の貼り合わせ面を構成する正レンズ G_{2p} と第2の貼り合わせ面を構成する負レンズ G_{2n} のアッベ数差を規定したものであり、軸上色収差の補正に関係している。 $\nu dG_{p2} - \nu dG_{n2}$ が 20 以下になると、軸上色収差が補正過剰となり、 $\nu dG_{p2} - \nu dG_{n2}$ が 40 以上になると、軸上色収差が補正不足となってしまう。

【0082】

上記条件式（10）は、第2の貼り合わせ面を構成する正レンズ G_{2p} と第2の貼り合わせ面を構成する負レンズ G_{2n} の部分分散の差を規定したものであり、軸上色収差の補正に関係している。 $|PgFG_{p2} - PgFG_{n2}|$ が 0.00

7以上になると、軸上色収差が補正過剰となってしまう。

【0083】

上記条件式(11)は、第3の貼り合わせ面を構成する正レンズG_{3p}と第3の貼り合わせ面を構成する負レンズG_{3n}の部分分散の差を規定したものであり、倍率色収差の補正に関係している。 $|P_g F G_p 3 - P_g F G_n 3|$ が0.07以上になると、倍率色収差が補正過剰となってしまう。

【0084】

第2の貼り合わせ面を構成する正レンズG_{2p}のアッペ数は、90以上であるのが望ましい。第2の貼り合わせ面を構成する正レンズG_{2p}は、他の収差に比較的影響を与えることなく、軸上色収差を補正するのに最適な位置にあり、このように第2の貼り合わせ面を構成する正レンズG_{2p}のアッペ数を90以上とすることにより、軸上色収差を小さく抑えることができる。

【0085】

本発明のズームレンズにおいては、空間光変調素子側からスクリーン側に向かって順に、スクリーン側に凸面を向けたメニスカス正レンズ（空間光変調素子に最も近い正レンズGL）、正レンズ、正レンズの3つのレンズが配置されているのが望ましい。軸上光線高の高い位置にあるこれらのレンズは球面収差に大きな影響を与え、このような構成とすることにより、広角端と望遠端の両方で球面収差を小さく抑えることができる。

【0086】

本発明のズームレンズは、スクリーン側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群とを備え、

広角端から望遠端への（ズーミング）に際して、第1レンズ群と第5レンズ群は固定されたままで、第2レンズ群と第3レンズ群と第4レンズ群は光軸上をスクリーン側に移動し、

第3レンズ群は、スクリーン側から順に配置された、正レンズと負レンズとの接合レンズと、正レンズと負レンズとの接合レンズとにより構成され、

第4レンズ群は、スクリーン側から順に配置された、両面が凹の負レンズと、両面が凹の負レンズと両面が凸の正レンズとの接合レンズと、正レンズと、正レンズとにより構成されているのが望ましい。

【0087】

また、本発明のズームレンズにおいては、レンズ全系の倍率が0.0023～0.0188倍であるのが望ましい。

【0088】

また、本発明のズームレンズにおいては、ズーム比が1.3であるのが望ましい。

【0089】

プロジェクタ用の投写レンズに必要とされるFナンバー、長いバックフォーカス、テレセントリック性、周辺光量比、ズーム比を得るために、スクリーン側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群とを備え、広角端から望遠端への変倍（ズーミング）に際して、第1レンズ群と第5レンズ群は固定されたままで、第2レンズ群と第3レンズ群と第4レンズ群は光軸上をスクリーン側に移動するという構成を探ることにより、コンパクトで、かつ、倍率色収差、歪曲収差を小さく抑えることのできるズームレンズを実現することができる。

【0090】

軸上光線高の高い第3レンズ群は、球面収差や軸上色収差の補正に重要な位置にあり、第3レンズ群を、スクリーン側から順に配置された、正レンズと負レンズとの接合レンズと、正レンズと負レンズとの接合レンズとにより構成することにより、軸上色収差を小さく抑えることができる。

【0091】

軸上光線高が高く、広角端と望遠端で軸上光線の高さが変化する第4レンズ群は、球面収差の補正に重要な位置にあり、第4レンズ群を、スクリーン側から順に配置された、両面が凹の負レンズと、両面が凹の負レンズと両面が凸の正レンズとの接合レンズと、正レンズと、正レンズとにより構成することにより、広角

端と望遠端の両方で球面収差が共に小さく抑えることができる。

【0092】

また、本発明のズームレンズは、スクリーン側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを備え、

広角端から望遠端への変倍（ズーミング）に際して、第1レンズ群と第4レンズ群は固定されたままで、第2レンズ群と第3レンズ群は光軸上をスクリーン側に移動し、

第1レンズ群は、スクリーン側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と正の屈折力を有する第12レンズ群により構成され、フォーカス調整に際して、第11レンズ群と第12レンズ群との間隔が変化するのが望ましい。

【0093】

プロジェクタ用の投写レンズに必要とされるFナンバー、長いバックフォーカス、テレセントリック性、周辺光量比、ズーム比を得るために、スクリーン側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを備え、広角端から望遠端への変倍（ズーミング）に際して、第1レンズ群と第4レンズ群は固定されたままで、第2レンズ群と第3レンズ群は光軸上をスクリーン側に移動するという構成を探ることにより、コンパクトで、かつ、倍率色収差、歪曲収差を小さく抑えることのできるズームレンズを実現することができる。

【0094】

第1レンズ群は、フォーカス調整のために光軸上を移動することとなるが、第1レンズ群を、負の屈折力を有する第11レンズ群と正の屈折力を有する第12レンズ群により構成し、第11レンズ群と第12レンズ群との間隔を変化させることによってフォーカス調整を行うようにすることにより、フォーカス調整の際の第1レンズ群の移動量を小さくすることができる。その結果、投写距離を変化させたときの収差の変動を小さく抑えて、投写距離の範囲を大きくとることが

できる。

【0095】

第12レンズ群は、空間光変調素子側に凸面を向けたメニスカス正レンズからなるのが望ましい。主光線高の高い位置にある第12レンズ群は歪曲収差に大きな影響を与え、このような構成とすることにより、歪曲収差を小さく抑えることができる。

【0096】

[第1の実施の形態]

以下、本発明の第1の実施の形態におけるズームレンズについて、図面を参照しながら説明する。図2は本発明の第1の実施の形態実施におけるズームレンズの広角端の構成を示す図、図3は本発明の第1の実施の形態実施におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図である（これら図2、図3は後述する実施例1のズームレンズを示す図でもある）。

【0097】

図2に示すように、本実施の形態のズームレンズは、スクリーン側（図2では左側）から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群とにより構成されている（5群構成）。尚、図2中、Nはプリズム等のガラスブロック、Bは反射型の空間光変調素子をそれぞれ示している。

【0098】

図2、図3に示すように、広角端から望遠端への変倍（ズーミング）に際して、第1レンズ群と第5レンズ群は固定されたままで、第2レンズ群と第3レンズ群と第4レンズ群は光軸上をスクリーン側に移動する。

【0099】

第1レンズ群は、スクリーン側から順に配置された、正レンズ、負レンズ、負レンズ、負レンズの4枚のレンズによって構成されている。最もスクリーン側の正レンズによって高次の歪曲収差を発生させることができるようにされており、これによりレンズ系全体の歪曲収差が小さく抑えられている。尚、高次の歪曲収

差の発生に伴って倍率色収差が発生しないように、正レンズにはアッペ数の大きい硝材が用いられている。また、正レンズの屈折率を高くすることにより、非点収差が大きくならないようにされている。また、色収差を小さく抑えるために、負レンズにはアッペ数の大きい硝材が用いられている。

【0100】

第2レンズ群は、正レンズ1枚で構成され、ズーミングによる収差の変動を抑える働きをしている。

【0101】

第3レンズ群は、変倍レンズ群であり、スクリーン側から順に配置された、正レンズと負レンズとの第1の接合レンズと、正レンズと負レンズとの第2の接合レンズとにより構成されており、絞りは第1の接合レンズと第2の接合レンズとの間に配置されている。第1の接合レンズは、倍率色収差を小さく抑えるために、アッペ数の差が小さく、部分分散比の差が大きい硝材によって構成されている。この場合、負レンズの部分分散比を大きくすることにより、画面最周辺部で生じる青色の倍率色収差の補正過剰を緩和することができる。第2の接合レンズは、軸上色収差を小さく抑えるために、アッペ数の差が大きく、部分分散比の差が小さい硝材によって構成されている。この場合、正レンズのアッペ数を大きく、部分分散比を大きくすることにより、青色の軸上色収差の補正過剰を緩和することができる。

【0102】

第4レンズ群は、ズーミングによる焦点位置の変動を抑え、テレセントリック性の変動、歪曲収差の変動を小さくしている。この第4レンズ群は、スクリーン側から順に配置された、両面が凹の負レンズと、両面が凹の負レンズと両面が凸の正レンズとの接合レンズと、正レンズと、正レンズとにより構成されている。ここで、接合レンズを構成する負レンズは、大きな屈折力を有しており、部分分散比が小さな値を有する硝材によって構成することにより、倍率色収差、軸上色収差を良好に補正することができる。また、空間光変調素子B側の2枚の正レンズを、小さい屈折力を有するレンズによって構成することにより、レンズ組立時の公差を確保することができる。

【0103】

第5レンズ群は、ズーミングによっても位置が変動せず、レンズの有効径を最小にすることができる。この第5レンズ群は、1枚の正レンズによって構成されている。第5レンズ群は、ゴーストやコントラストに対して重要である。空間光変調素子Bから射出された光は、第5レンズ群を透過するが、ごく一部の光は第5レンズ群で反射されて空間光変調素子B側に戻る。空間光変調素子B側に戻った光は、空間光変調素子Bで再度反射され、投写レンズとしてのズームレンズを通ってスクリーンに到達し、不要光となる。この不要光は、ゴーストやコントラストの低下となって現れる。空間光変調素子が透過型の場合には、空間光変調素子で再度反射するときの反射率が低いために問題とはならないが、空間光変調素子が反射型の場合には、この不要光の強度が無視できないくらいに大きくなる。ズームレンズ内で反射された光が空間光変調素子B上で小さなスポットとなるような場合には、ゴーストとなって著しい画質の劣化を引き起こす。かかる現象は、ズームレンズ（投写レンズ）の面の曲率中心の位置と空間光変調素子Bの位置とが等しくなるときに生じる。第5レンズ群のスクリーン側の面は、上記の条件に一致し易い。ゴーストの発生やコントラストの低下を抑えるために望ましい第1の条件は、ズームレンズ（投写レンズ）面で反射された光線が空間光変調素子Bよりもスクリーン側で結像するようにすることである。この場合、空間光変調素子Bでの反射光のスポットが大きくなると共に、反射光のFナンバーが小さくなることから、再度ズームレンズ（投写レンズ）を通ってスクリーン上へ到達する光のほとんどは、ズームレンズ（投写レンズ）内の絞りでカットされ、スクリーン上に到達する光の量は少なくなる。ゴーストの発生やコントラストの低下を抑えるために望ましい第2の条件は、ズームレンズ（投写レンズ）面で反射された光線が空間光変調素子Bよりも更に反スクリーン側の遠方で結像することである。この場合、空間光変調素子Bでの反射光のスポットは大きくなるが、反射光のFナンバーが大きくなるために、大部分の光はズームレンズ（投写レンズ）を通ってスクリーン上へ到達してしまう。従って、この場合、ゴーストは発生しないが、コントラストの低下となる。ゴーストの発生やコントラストの低下を抑えるために、第5レンズ群の正レンズ（空間光変調素子Bに最も近

い正レンズ)は、スクリーン側に凸面を向けたメニスカス形状であるのが好ましい。メニスカス形状にすることにより、正レンズの屈折力を大きくすることなくスクリーン側の面の曲率半径を小さくすることができ、この面で反射する光に対する屈折力を大きくすることができる。第5レンズ群の正レンズを、メニスカス形状ではなく、両凸の形状にした場合、ゴースト及びコントラスト対策のために、この正レンズのスクリーン側の面の曲率半径を小さくすると、正レンズの屈折力が大きくなつて、収差を補正することが困難になる。特に、ズーミングによる収差の変動を抑えることが困難となる。この正レンズの硝材の屈折率を下げて屈折力を小さくすることも考えられるが、この場合には、ペツツバール和が大きくなつて像面湾曲を補正することが困難になる。

【0104】

本実施の形態によれば、ゴーストの発生やコントラストの低下の少ない、反射型空間素子を用いたプロジェクタに最適なコンパクトなズームレンズを実現することができる。

【0105】

以下、具体的な実施例を挙げて、本実施の形態におけるズームレンズをさらに詳細に説明する。

【0106】

(実施例1)

図2は本発明の第1の実施の形態の実施例1におけるズームレンズの広角端の構成を示す図、図3は本発明の第1の実施の形態の実施例1におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図である。

【0107】

本実施例は、広角端のFナンバーが $F_N=1.7$ 、焦点距離が $f=23.95$ mm、半画角が $W=27.75^\circ$ のズームレンズにおいて、本発明の構成に基づき、ゴーストの発生やコントラストの低下を引き起こすことがないようにした設計例である。

【0108】

下記(表2)に、具体的な数値例を示す。下記(表2)中、 r_i はレンズ各面の

曲率半径、 d_i はレンズ厚又はレンズ面間隔、 n_i は各レンズの d 線での屈折率
 、 ν_i は各レンズの d 線でのアッペ数をそれぞれ示している（後述する他の実施
 例においても同様である）。

[表2]

条件式 (1) $(G L R 1 / G L n d - B f w) / f w = -0.1315$

条件式 (2) $(G L R 2 - B f w) / f w = 6.976$

条件式 (3) $f G L / f w = 3.291$

条件式 (4) $P g F G L - 0.6457 + 0.0017 \times \nu d G L$
 $= 0.0137$

条件式 (5) $P g F G L n = 0.609$

条件式 (6) $(P g F G L n - P g F G L) / (\nu d G L n - \nu d G L)$
 $= -0.0037$

条件式 (7) $\nu d G p 1 - \nu d G n 1 = 8.3$

条件式 (8) $P g F G p 1 - P g F G n 1 = -0.0233$

条件式 (9) $\nu d G p 2 - \nu d G n 2 = 29.02$

条件式 (10) $|P g F G p 2 - P g F G n 2| = 0.0056$

条件式 (11) $|P g F G p 3 - P g F G n 3| = 0.0688$

面間の軸線

曲率半径(mm)	方向距離(mm)	屈折率 (d 線)	アッペ数 (d 線)
r 1= 68.397	d 1= 6.5	n 1= 1.80420	ν 1= 46.50
r 2= 239.747	d 2= 0.2		
r 3= 42.601	d 3= 1.6	n 2= 1.77250	ν 2= 49.62
r 4= 26.600	d 4= 12.9		
r 5= 270.537	d 5= 1.5	n 3= 1.60311	ν 3= 60.69
r 6= 26.764	d 6= 7.5		
r 7= -54.374	d 7= 1.4	n 4= 1.49700	ν 4= 81.61
r 8= 42.343	d 8= 4.8		
r 9= 66.067	d 9= 5.0	n 5= 1.83500	ν 5= 42.98

r10= -186.947	d10= 9.2		
r11= 50.223	d11= 8.4	n 6= 1.64769	v 6= 33.84
r12= -30.869	d12= 1.0	n 7= 1.80518	v 7= 25.46
r13= -72.041	d13= 18.4		
r14= 60.417	d14= 5.0	n 8= 1.45650	v 8= 90.27
r15= -23.818	d15= 1.0	n 9= 1.58913	v 9= 61.25
r16= -35.656	d16= 2.2		
r17= -112.071	d17= 2.2	n10= 1.71736	v 10= 29.50
r18= 43.684	d18= 3.5		
r19= -16.985	d19= 1.0	n11= 1.75520	v 11= 27.53
r20= 77.377	d20= 9.1	n12= 1.60311	v 12= 60.69
r21= -22.845	d21= 0.2		
r22=-2626.417	d22= 5.5	n13= 1.77250	v 13= 49.62
r23= -57.487	d23= 0.2		
r24= 52.434	d24= 5.7	n14= 1.60311	v 14= 60.69
r25= 168.606	d25= 1.3		
r26= 48.037	d26= 6.1	n15= 1.78472	v 15= 25.72
r27= 197.165	d27= 0.8		
r28= 0.000	d28= 25.0	n16= 1.58913	v 16= 61.25
r29= 0.000	d29= 3.0	n17= 1.51680	v 17= 64.20

ズームデータ

広角端	望遠端
d 8= 4.79	2.859
d10= 9.1988	0.4289
d16= 2.213	8.094
d25= 1.31	6.1309

図4に、本実施例におけるズームレンズの広角端の非点収差（mm）、歪曲収

差(%) 球面収差(mm)、倍率色収差(mm)を示す。また、図5に、本実施例におけるズームレンズの望遠端の非点収差(mm)、歪曲収差(%) 球面収差(mm)、倍率色収差(mm)を示す。尚、非点収差図において、実線はサジタル像面湾曲、破線はメリディオナル像面湾曲をそれぞれ示している。また、球面収差図、倍率色収差図において、実線はd線に対する値、短い破線はF線に対する値、長い破線はC線に対する値をそれぞれ示している（後述する他の実施例についても同様である）。

【0109】

(実施例2)

図6は本発明の第1の実施の形態の実施例2におけるズームレンズの広角端の構成を示す図、図7は本発明の第1の実施の形態の実施例2におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図である。

【0110】

本実施例は、広角端のFナンバーが $F_N0 = 1.7$ 、焦点距離が $f = 23.90$ mm、半画角が $W = 27.81^\circ$ のズームレンズにおいて、本発明の構成に基づき、ゴーストの発生やコントラストの低下を引き起こすことがないようにした設計例である。

【0111】

下記(表3)に、具体的な数値例を示す。

[表3]

$$\text{条件式 (1)} \quad (G L R 1 / G L n d - B f w) / f w = -0.2678$$

$$\text{条件式 (2)} \quad (G L R 2 - B f w) / f w = 10.077$$

$$\text{条件式 (3)} \quad f G L / f w = 2.824$$

$$\begin{aligned} \text{条件式 (4)} \quad P g F G L &= 0.6457 + 0.0017 \times v d G L \\ &= 0.0137 \end{aligned}$$

$$\text{条件式 (5)} \quad P g F G L n = 0.609$$

$$\begin{aligned} \text{条件式 (6)} \quad (P g F G L n - P g F G L) / (v d G L n - v d G L) \\ &= -0.0037 \end{aligned}$$

$$\text{条件式 (7)} \quad v d G p 1 - v d G n 1 = 8.3$$

条件式 (8) $P_g F G p_1 - P_g F G n_1 = -0.0233$

条件式 (9) $\nu d G p_2 - \nu d G n_2 = 29.02$

条件式 (10) $|P_g F G p_2 - P_g F G n_2| = 0.0056$

条件式 (11) $|P_g F G p_3 - P_g F G n_3| = 0.0608$

面間の軸線

曲率半径(mm)	方向距離(mm)	屈折率(d線)	アッベ数(d線)
r 1= 54.648	d 1= 6.5	n 1= 1.80420	ν 1= 46.50
r 2= 188.068	d 2= 0.2		
r 3= 41.959	d 3= 1.6	n 2= 1.77250	ν 2= 49.62
r 4= 23.133	d 4= 7.7		
r 5= 316.256	d 5= 1.5	n 3= 1.60311	ν 3= 60.69
r 6= 25.598	d 6= 10.0		
r 7= -42.359	d 7= 1.4	n 4= 1.49700	ν 4= 81.61
r 8= 91.398	d 8= 3.1		
r 9= 224.823	d 9= 5.0	n 5= 1.83500	ν 5= 42.98
r10= -80.326	d10= 11.6		
r11= 43.250	d11= 8.4	n 6= 1.64769	ν 6= 33.84
r12= -32.362	d12= 1.0	n 7= 1.80518	ν 7= 25.46
r13= -81.239	d13= 18.4		
r14= 49.320	d14= 5.0	n 8= 1.45650	ν 8= 90.27
r15= -24.951	d15= 1.0	n 9= 1.58913	ν 9= 61.25
r16= -39.851	d16= 2.2		
r17= -116.231	d17= 2.0	n10= 1.71736	ν 10= 29.50
r18= 43.783	d18= 5.1		
r19= -18.518	d19= 1.0	n11= 1.75520	ν 11= 27.53
r20= 54.935	d20= 8.1	n12= 1.62000	ν 12= 62.19
r21= -25.371	d21= 0.2		
r22= -175.768	d22= 5.4	n13= 1.77250	ν 13= 49.62

r23= -51.972	d23= 0.2			
r24= 74.777	d24= 4.4	n14= 1.60311	v14= 60.69	
r25= 0.000	d25= 1.3			
r26= 45.039	d26= 5.5	n15= 1.78472	v15= 25.72	
r27= 272.468	d27= 0.8			
r28= 0.000	d28= 25.0	n16= 1.58913	v16= 61.25	
r29= 0.000	d29= 3.0	n17= 1.51680	v17= 64.20	

ズームデータ

広角端	望遠端
d 8= 3.0825	2.939
d10= 11.6199	0.4289
d16= 2.213	6.4804
d25= 1.27	9.299

図8に、本実施例におけるズームレンズの広角端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。また、図9に、本実施例におけるズームレンズの望遠端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。

【0112】

（実施例3）

図11は本発明の第1の実施の形態の実施例3におけるズームレンズの広角端の構成を示す図、図12は本発明の第1の実施の形態の実施例3におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図である。

【0113】

本実施例は、広角端のFナンバーがFNO=1.7、焦点距離がf=24.02 mm、半画角がW=27.69°のズームレンズにおいて、本発明の構成に基づき、ゴーストの発生やコントラストの低下を引き起こすことがないようにした設計例である。

【0114】

下記（表4）に、具体的数値例を示す。

[表4]

- 条件式 (1) $(G L R 1 / G L n d - B f w) / f w = -0.074$
- 条件式 (2) $(G L R 2 - B f w) / f w = 350.2$
- 条件式 (3) $f G L / f w = 2.822$
- 条件式 (4) $P g F G L = 0.6457 + 0.0017 \times \nu d G L$
 $= 0.0137$
- 条件式 (5) $P g F G L n = 0.609$
- 条件式 (6) $(P g F G L n - P g F G L) / (\nu d G L n - \nu d G L)$
 $= -0.0037$
- 条件式 (7) $\nu d G p 1 - \nu d G n 1 = 8.3$
- 条件式 (8) $P g F G p 1 - P g F G n 1 = -0.0233$
- 条件式 (9) $\nu d G p 2 - \nu d G n 2 = 29.02$
- 条件式 (10) $|P g F G p 2 - P g F G n 2| = 0.0056$
- 条件式 (11) $|P g F G p 3 - P g F G n 3| = 0.0688$

面間の軸線

曲率半径(mm)	方向距離(mm)	屈折率 (d線)	アッベ数 (d線)
r 1= 52.673	d 1= 6.5	n 1= 1.80420	ν 1= 46.50
r 2= 184.619	d 2= 0.2		
r 3= 40.589	d 3= 1.6	n 2= 1.77250	ν 2= 49.62
r 4= 22.445	d 4= 7.7		
r 5= 508.072	d 5= 1.5	n 3= 1.60311	ν 3= 60.69
r 6= 24.888	d 6= 10.0		
r 7= -33.592	d 7= 1.4	n 4= 1.49700	ν 4= 81.61
r 8= 1310.356	d 8= 3.8		
r 9= -141.278	d 9= 5.0	n 5= 1.83500	ν 5= 42.98
r10= -48.003	d10= 10.6		

r11=	41.009	d11=	8.4	n 6=	1.64769	ν 6=	33.84
r12=	-33.196	d12=	1.0	n 7=	1.80518	ν 7=	25.46
r13=	-96.420	d13=	18.4				
r14=	44.646	d14=	5.0	n 8=	1.45650	ν 8=	90.27
r15=	-30.308	d15=	1.0	n 9=	1.58913	ν 9=	61.25
r16=	-46.486	d16=	2.2				
r17=-6338.448		d17=	2.0	n10=	1.71736	ν 10=	29.50
r18=	37.223	d18=	6.4				
r19=	-18.356	d19=	1.0	n11=	1.75520	ν 11=	27.53
r20=	49.754	d20=	8.1	n12=	1.60311	ν 12=	60.69
r21=	-26.403	d21=	0.2				
r22=	-197.682	d22=	5.4	n13=	1.77250	ν 13=	49.62
r23=	-54.292	d23=	0.2				
r24=	69.359	d24=	4.4	n14=	1.60311	ν 14=	60.69
r25=	0.000	d25=	1.3				
r26=	53.314	d26=	5.5	n15=	1.78472	ν 15=	25.72
r27=	8444.105	d27=	0.8				
r28=	0.000	d28=	25.0	n16=	1.58913	ν 16=	61.25
r29=	0.000	d29=	3.0	n17=	1.51680	ν 17=	64.20

ズームデータ

広角端	望遠端
d 8=	3.7992
d10=	2.939
d10=	10.6069
d16=	0.4289
d16=	2.213
d25=	7.0657
d25=	1.27
	7.47

図13に、本実施例におけるズームレンズの広角端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。また、図14に、本

実施例におけるズームレンズの望遠端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。

【0115】

ここで、比較例1、2を挙げて上記条件式（1）の効果について説明する。

【0116】

（比較例1）

本比較例のズームレンズは、広角端のFナンバーが $F_N0 = 1.8$ 、焦点距離が $f = 23.94\text{ mm}$ 、半画角が $W = 27.8^\circ$ の5群ズームレンズである。

【0117】

下記（表5）に、本比較例の数値例を示す。

[表5]

$$\text{条件式 (1)} \quad (G_L R_1 / G_L n_d - B_{fw}) / f_w = 0.1577$$

$$\text{条件式 (2)} \quad (G_L R_2 - B_{fw}) / f_w = -26.985$$

$$\text{条件式 (3)} \quad f_{GL} / f_w = 2.94144$$

$$\begin{aligned} \text{条件式 (4)} \quad P_g F_{GL} &= 0.6457 + 0.0017 \times \nu_{dGL} \\ &= 0.0137 \end{aligned}$$

$$\text{条件式 (5)} \quad P_g F_{GLn} = 0.609$$

$$\begin{aligned} \text{条件式 (6)} \quad (P_g F_{GLn} - P_g F_{GL}) / (\nu_{dGLn} - \nu_{dGL}) &= -0.0037 \end{aligned}$$

$$\text{条件式 (7)} \quad \nu_{dGp1} - \nu_{dGn1} = 8.3$$

$$\text{条件式 (8)} \quad P_g F_{Gp1} - P_g F_{Gn1} = -0.0233$$

$$\text{条件式 (9)} \quad \nu_{dGp2} - \nu_{dGn2} = 29.02$$

$$\text{条件式 (10)} \quad |P_g F_{Gp2} - P_g F_{Gn2}| = 0.0056$$

$$\text{条件式 (11)} \quad |P_g F_{Gp3} - P_g F_{Gn3}| = 0.0688$$

面間の軸線

曲率半径(mm)	方向距離(mm)	屈折率(d線)	アッペ数(d線)
----------	----------	---------	----------

$r_1 = 73.987$	$d_1 = 6.5$	$n_1 = 1.80420$	$\nu_1 = 46.50$
----------------	-------------	-----------------	-----------------

$r_2 = 332.503$	$d_2 = 0.2$
-----------------	-------------

r 3=	38.760	d 3=	1.6	n 2=	1.77250	v 2=	49.62
r 4=	23.517	d 4=	7.0				
r 5=	216.726	d 5=	1.5	n 3=	1.60311	v 3=	60.69
r 6=	27.660	d 6=	7.7				
r 7=	-37.071	d 7=	1.4	n 4=	1.49700	v 4=	81.61
r 8=	55.411	d 8=	4.6				
r 9=	103.900	d 9=	5.0	n 5=	1.83500	v 5=	42.98
r10=	-85.168	d10=	9.5				
r11=	48.456	d11=	8.4	n 6=	1.64769	v 6=	33.84
r12=	-30.313	d12=	1.0	n 7=	1.80518	v 7=	25.46
r13=	-73.216	d13=	18.4				
r14=	45.117	d14=	5.0	n 8=	1.45650	v 8=	90.27
r15=	-28.989	d15=	1.0	n 9=	1.58913	v 9=	61.25
r16=	-41.277	d16=	2.2				
r17=	-152.991	d17=	2.2	n10=	1.71736	v 10=	29.50
r18=	37.555	d18=	5.5				
r19=	-17.294	d19=	1.0	n11=	1.75520	v 11=	27.53
r20=	52.037	d20=	9.1	n12=	1.60311	v 12=	60.69
r21=	-24.466	d21=	0.2				
r22=-4576.813		d22=	5.5	n13=	1.77250	v 13=	49.62
r23=	-60.737	d23=	0.2				
r24=	66.106	d24=	5.7	n14=	1.60311	v 14=	60.69
r25=	1371.728	d25=	1.3				
r26=	60.992	d26=	6.1	n15=	1.78472	v 15=	25.72
r27=	-615.667	d27=	0.8				
r28=	0.000	d28=	25.0	n16=	1.58913	v 16=	61.25
r29=	0.000	d29=	3.0	n17=	1.51680	v 17=	64.20

ズームデータ

広角端	望遠端
d 8= 4.293	2.859
d10= 9.56	0.4289
d16= 2.213	7.3351
d25= 1.31	7.4278

(比較例 2)

本比較例のズームレンズは、広角端のFナンバーが $F_{N0}=1.8$ 、焦点距離が $f=23.94\text{ mm}$ 、半画角が $W=27.75^\circ$ の5群ズームレンズである。

【0118】

下記(表6)に、本比較例の数値例を示す。

[表6]

$$\text{条件式 (1)} \quad (G L R 1 / G L n d - B f w) / f w = 0.664$$

$$\text{条件式 (2)} \quad (G L R 2 - B f w) / f w = -10.24$$

$$\text{条件式 (3)} \quad f G L / f w = 3.2012$$

$$\begin{aligned} \text{条件式 (4)} \quad P g F G L - 0.6457 + 0.0017 \times v d G L \\ = 0.0137 \end{aligned}$$

$$\text{条件式 (5)} \quad P g F G L n = 0.609$$

$$\begin{aligned} \text{条件式 (6)} \quad (P g F G L n - P g F G L) / (v d G L n - v d G L) \\ = -0.0037 \end{aligned}$$

$$\text{条件式 (7)} \quad v d G p 1 - v d G n 1 = \text{条件該当せず}$$

$$\text{条件式 (8)} \quad P g F G p 1 - P g F G n 1 = \text{条件該当せず}$$

$$\text{条件式 (9)} \quad v d G p 2 - v d G n 2 = \text{条件該当せず}$$

$$\text{条件式 (10)} \quad |P g F G p 2 - P g F G n 2| = \text{条件該当せず}$$

$$\text{条件式 (11)} \quad |P g F G p 3 - P g F G n 3| = \text{条件該当せず}$$

面間の軸線

曲率半径(mm)	方向距離(mm)	屈折率 (d線)	アッベ数 (d線)
r 1= 70.057	d 1= 6.5	n 1= 1.80420	v 1= 46.50

r 2=	262.785	d 2=	0.2				
r 3=	42.319	d 3=	1.6	n 2=	1.77250	v 2=	49.62
r 4=	23.943	d 4=	9.3				
r 5=	-280.845	d 5=	1.5	n 3=	1.60311	v 3=	60.69
r 6=	28.623	d 6=	7.7				
r 7=	-59.999	d 7=	1.4	n 4=	1.49700	v 4=	81.61
r 8=	124.924	d 8=	6.3				
r 9=	171.496	d 9=	5.0	n 5=	1.83500	v 5=	42.98
r10=	-57.464	d10=	10.4				
r11=	32.268	d11=	8.4	n 6=	1.64769	v 6=	33.84
r12=	41.969	d12=	17.5				
r13=	34.859	d13=	4.8	n 7=	1.45650	v 7=	90.27
r14=	-52.047	d14=	0.7				
r15=	-145.062	d15=	3.7	n 8=	1.49700	v 8=	81.61
r16=	-25.826	d16=	1.0	n 9=	1.58913	v 9=	61.25
r17=	-121.754	d17=	2.2				
r18=	46.146	d18=	2.2	n10=	1.71736	v 10=	29.50
r19=	25.405	d19=	5.6				
r20=	-18.502	d20=	1.0	n11=	1.75520	v 11=	27.53
r21=	41.453	d21=	9.1	n12=	1.60311	v 12=	60.69
r22=	-31.914	d22=	0.2				
r23=	-263.903	d23=	5.5	n13=	1.77250	v 13=	49.62
r24=	-43.670	d24=	0.2				
r25=	51.494	d25=	5.7	n14=	1.60311	v 14=	60.69
r26=	211.276	d26=	1.3				
r27=	83.490	d27=	6.1	n15=	1.78472	v 15=	25.72
r28=	-214.371	d28=	0.8				
r29=	0.000	d29=	25.0	n16=	1.58913	v 16=	61.25
r30=	0.000	d30=	3.0	n17=	1.51680	v 17=	64.20

ズームデータ

広角端	望遠端
d8= 6.2601	2.859
d10= 10.3603	0.4289
d16= 2.213	10.2669
d25= 1.31	6.5895

下記（表7）に、実施例2、3及び比較例1、2のレンズデータを有するズームレンズをプロジェクタの投写レンズとして用いたときの、ゴーストの発生とコントラストの低下を評価した結果を示す。下記（表7）中、○はゴーストの発生やコントラストの低下が確認されなかった場合（画質良好）を示し、×はゴーストの発生やコントラストの低下が確認された場合（画質劣化）を示している。

【0119】

【表7】

条件式 (1)の値	反射光の空間光変調素子上での大きさ(半径値)	ゴースト	コントラスト		図面
-0.3以下	収差補正困難につきデータ無し	×	×		
-0.267	7mm	○	○	実施例2	図10
-0.074	3.8mm	○	○	実施例3	図15
0.157	0.3mm	×	×	比較例1	図16
0.66	2.88mm	○	×	比較例2	図17

【0120】

また、図10、図15、図16、図17に、それぞれ実施例2、実施例3、比較例1、比較例2のレンズデータを有するズームレンズを用いた場合の、空間光変調素子からの出射光（正規な光）の光路と空間光変調素子に最も近いレンズのスクリーン側の面で反射した不要光の光路とを示している。

【0121】

図10、図15に示すように、実施例2あるいは実施例3のレンズデータを有するズームレンズを用いた場合には、空間光変調素子に最も近いレンズG Lのス

クリーン側の面で反射した不要光の光路が大きく広がって空間光変調素子上に到達するため、ゴーストは発生しない。

【0122】

これに対し、図16に示すように、比較例1のレンズデータを有するズームレンズを用いた場合には、上記条件式（1）がその上限を超えた値をとっており、空間光変調素子に最も近いレンズGLのスクリーン側の面で反射した不要光の光路が小さくまとまって空間光変調素子上に到達するために、ゴーストが発生する。

【0123】

また、図17に示すように、比較例2のレンズデータを有するズームレンズを用いた場合には、上記条件式（1）がその上限を超えた値をとっているが、空間光変調素子に最も近いレンズGLのスクリーン側の面で反射した不要光の光路が大きく広がって空間光変調素子上に到達するため、ゴーストは発生しない。しかし、空間光変調素子側に戻る不要光の光路の角度が光軸に対して緩く、空間光変調素子で反射された光の大部分がズームレンズを通ってスクリーン上に到達してしまうので、コントラストは低くなってしまう。

【0124】

（実施例4）

図18は本発明の第1の実施の形態の実施例4におけるズームレンズの広角端の構成を示す図、図19は本発明の第1の実施の形態の実施例4におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図である。

【0125】

本実施例は、広角端のFナンバーが $F_N0 = 1.7$ 、焦点距離が $f = 24.04$ mm、半画角が $W = 27.66^\circ$ のズームレンズにおいて、本発明の構成に基づき、ゴーストの発生やコントラストの低下を引き起こすことがないようにした設計例である。

【0126】

下記（表8）に、具体的数値例を示す。

[表8]

- 条件式(1) $(G L R 1 / G L n d - B f w) / f w = -0.2311$
- 条件式(2) $(G L R 2 - B f w) / f w = 5.6683$
- 条件式(3) $f G L / f w = 3.3246$
- 条件式(4) $P g F G L - 0.6457 + 0.0017 \times v d G L$
 $= 0.0137$
- 条件式(5) $P g F G L n = 0.609$
- 条件式(6) $(P g F G L n - P g F G L) / (v d G L n - v d G L)$
 $= -0.0037$
- 条件式(7) $v d G p 1 - v d G n 1 = 8.3$
- 条件式(8) $P g F G p 1 - P g F G n 1 = -0.0233$
- 条件式(9) $v d G p 2 - v d G n 2 = 29.02$
- 条件式(10) $|P g F G p 2 - P g F G n 2| = 0.0056$
- 条件式(11) $|P g F G p 3 - P g F G n 3| = 0.0688$

面間の軸線

曲率半径(mm)	方向距離(mm)	屈折率(d線)	アッベ数(d線)
r 1= 53.890	d 1= 6.5	n 1= 1.80420	v 1= 46.50
r 2= 172.046	d 2= 0.2		
r 3= 37.911	d 3= 1.6	n 2= 1.77250	v 2= 49.62
r 4= 22.443	d 4= 7.7		
r 5= 191.381	d 5= 1.5	n 3= 1.60311	v 3= 60.69
r 6= 25.247	d 6= 10.0		
r 7= -39.874	d 7= 1.4	n 4= 1.49700	v 4= 81.61
r 8= 79.792	d 8= 4.5		
r 9= 188.618	d 9= 5.0	n 5= 1.83500	v 5= 42.98
r10= -80.838	d10= 10.0		
r11= 51.905	d11= 8.4	n 6= 1.64769	v 6= 33.84
r12= -28.826	d12= 1.0	n 7= 1.80518	v 7= 25.46
r13= -70.278	d13= 18.4		

r14=	60.515	d14=	5.0	n 8=	1.45650	ν 8=	90.27
r15=	-33.341	d15=	1.0	n 9=	1.58913	ν 9=	61.25
r16=	-40.018	d16=	2.2				
r17=-2321.494		d17=	2.0	n10=	1.71736	ν 10=	29.50
r18=	39.883	d18=	5.5				
r19=	-18.280	d19=	1.0	n11=	1.75520	ν 11=	27.53
r20=	61.351	d20=	8.1	n12=	1.60311	ν 12=	60.69
r21=	-27.550	d21=	0.2				
r22=	-72.107	d22=	5.4	n13=	1.77250	ν 13=	49.62
r23=	-37.134	d23=	0.2				
r24=	57.457	d24=	4.4	n14=	1.60311	ν 14=	60.69
r25=	0.000	d25=	1.3				
r26=	46.607	d26=	5.5	n15=	1.78472	ν 15=	25.72
r27=	167.958	d27=	0.8				
r28=	0.000	d28=	25.0	n16=	1.58913	ν 16=	61.25
r29=	0.000	d29=	3.0	n17=	1.51680	ν 17=	64.20

ズームデータ

	広角端	望遠端
d 8=	4.516	2.939
d10=	10.0224	0.4289
d16=	2.213	7.2455
d25=	1.27	7.4146

図20に、本実施例におけるズームレンズの広角端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。また、図21に、本実施例におけるズームレンズの望遠端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。

【0127】

(実施例5)

図23は本発明の第1の実施の形態の実施例5におけるズームレンズの広角端の構成を示す図、図24は本発明の第1の実施の形態の実施例5におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図である。

【0128】

本実施例は、広角端のFナンバーが $F_N = 1.7$ 、焦点距離が $f = 24.08$ mm、半画角が $W = 27.69^\circ$ のズームレンズにおいて、本発明の構成に基づき、ゴーストの発生やコントラストの低下を引き起こすことがないようにした設計例である。

【0129】

下記(表9)に、具体的な数値例を示す。

[表9]

$$\text{条件式 (1)} \quad (G_L R_1 / G_L n_d - B_f w) / f_w = -0.116$$

$$\text{条件式 (2)} \quad (G_L R_2 - B_f w) / f_w = 437.9$$

$$\text{条件式 (3)} \quad f_G L / f_w = 2.7133$$

$$\begin{aligned} \text{条件式 (4)} \quad P_g F_G L &= 0.6457 + 0.0017 \times v_d G_L \\ &= 0.0137 \end{aligned}$$

$$\text{条件式 (5)} \quad P_g F_G L_n = 0.609$$

$$\begin{aligned} \text{条件式 (6)} \quad (P_g F_G L_n - P_g F_G L) / (v_d G_L n - v_d G_L) \\ &= -0.0037 \end{aligned}$$

$$\text{条件式 (7)} \quad v_d G_p 1 - v_d G_n 1 = 8.3$$

$$\text{条件式 (8)} \quad P_g F_G p 1 - P_g F_G n 1 = -0.0233$$

$$\text{条件式 (9)} \quad v_d G_p 2 - v_d G_n 2 = 29.02$$

$$\text{条件式 (10)} \quad |P_g F_G p 2 - P_g F_G n 2| = 0.0056$$

$$\text{条件式 (11)} \quad |P_g F_G p 3 - P_g F_G n 3| = 0.0688$$

面間の軸線

曲率半径(mm) 方向距離(mm) 屈折率(d線) アッペ数(d線)

$r_1 = 52.926$ $d_1 = 6.5$ $n_1 = 1.80420$ $v_1 = 46.50$

r 2=	186.790	d 2=	0.2				
r 3=	38.235	d 3=	1.6	n 2=	1.77250	v 2=	49.62
r 4=	22.221	d 4=	7.7				
r 5=	494.600	d 5=	1.5	n 3=	1.60311	v 3=	60.69
r 6=	23.641	d 6=	10.0				
r 7=	-32.693	d 7=	1.4	n 4=	1.49700	v 4=	81.61
r 8=-	1161.535	d 8=	3.8				
r 9=	-100.960	d 9=	5.0	n 5=	1.83500	v 5=	42.98
r10=	-43.889	d10=	10.3				
r11=	40.324	d11=	8.4	n 6=	1.64769	v 6=	33.84
r12=	-34.106	d12=	1.0	n 7=	1.80518	v 7=	25.46
r13=	-100.166	d13=	18.4				
r14=	45.947	d14=	5.0	n 8=	1.45650	v 8=	90.27
r15=	-25.211	d15=	1.0	n 9=	1.58913	v 9=	61.25
r16=	-41.393	d16=	2.2				
r17=-	1448.769	d17=	2.0	n10=	1.71736	v 10=	29.50
r18=	38.272	d18=	6.2				
r19=	-18.444	d19=	1.0	n11=	1.75520	v 11=	27.53
r20=	49.387	d20=	8.1	n12=	1.60311	v 12=	60.69
r21=	-26.397	d21=	0.2				
r22=	-267.560	d22=	5.4	n13=	1.77250	v 13=	49.62
r23=	-58.014	d23=	0.2				
r24=	77.202	d24=	4.4	n14=	1.60311	v 14=	60.69
r25=	0.000	d25=	1.3				
r26=	51.442	d26=	5.5	n15=	1.78472	v 15=	25.72
r27=	10574.205	d27=	0.8				
r28=	0.000	d28=	25.0	n16=	1.58913	v 16=	61.25
r29=	0.000	d29=	3.0	n17=	1.51680	v 17=	64.20

ズームデータ

広角端	望遠端
d8= 3.8291	2.939
d10= 10.2637	0.4289
d16= 2.213	7.2122
d25= 1.27	7.0113

図25に、本実施例におけるズームレンズの広角端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。また、図26に、本実施例におけるズームレンズの望遠端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。

【0130】

下記（表10）に、上記条件式（2）の効果、すなわち、実施例4、5のレンズデータを有するズームレンズをプロジェクタの投写レンズとして用いたときの、ゴーストの発生とコントラストの低下を評価した結果を示す。下記（表10）中、○はゴーストの発生やコントラストの低下が確認されなかった場合（画質良好）を示し、×はゴーストの発生やコントラストの低下が確認された場合（画質劣化）を示している。

【0131】

【表10】

条件式 (2)の値	反射光の空間変調素子 上での大きさ(半径値)	ゴースト	コントラスト		図面
5以下	収差補正困難につきデータ無し	×	×		
5.664	16mm	○	○	実施例4	図20
437.9	18.3mm	○	○	実施例5	図27

【0132】

また、図22、図27に、それぞれ実施例4、実施例5のレンズデータを有するズームレンズを用いた場合の、空間光変調素子からの出射光（正規な光）の光路と空間光変調素子に最も近いレンズのスクリーン側の面で反射した不要光の光

路とを示している。

【0133】

図22、図27に示すように、実施例4、実施例5のレンズデータを有するズームレンズを用いた場合には、空間光変調素子に最も近いレンズGLの空間光変調素子側の面で反射した不要光の光路が大きく広がって空間光変調素子上に到達するため、ゴーストは発生しない。

【0134】

(実施例6)

図28は本発明の第1の実施の形態の実施例6におけるズームレンズの広角端の構成を示す図、図29は本発明の第1の実施の形態の実施例6におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図である。

【0135】

本実施例は、広角端のFナンバーが $F_{NO} = 1.7$ 、焦点距離が $f = 24.08$ mm、半画角が $W = 27.62^\circ$ のズームレンズにおいて、本発明の構成に基づき、ゴーストの発生やコントラストの低下を引き起こすことがないようにした設計例である。

【0136】

下記(表11)に、具体的な数値例を示す。

[表11]

$$\text{条件式 (1)} \quad (GLR_1 / GLnd - Bfw) / f_w = -0.2444$$

$$\text{条件式 (2)} \quad (GLR_2 - Bfw) / f_w = 9.62$$

$$\text{条件式 (3)} \quad f_{GL} / f_w = 2.9355$$

$$\begin{aligned} \text{条件式 (4)} \quad PgFGL &= 0.6457 + 0.0017 \times \nu d_{GL} \\ &= 0.01172 \end{aligned}$$

$$\text{条件式 (5)} \quad PgFGL_n = 0.6058$$

$$\begin{aligned} \text{条件式 (6)} \quad (PgFGL_n - PgFGL) / (\nu d_{GL_n} - \nu d_{GL}) &= -0.00372 \end{aligned}$$

$$\text{条件式 (7)} \quad \nu d_{GP1} - \nu d_{GN1} = 8.3$$

$$\text{条件式 (8)} \quad PgFGP1 - PgFGN1 = -0.0233$$

条件式 (9) $\nu dGp2 - \nu dGn2 = 29.02$

条件式 (10) $|PgFGp2 - PgFGn2| = 0.0056$

条件式 (11) $|PgFGp3 - PgFGn3| = 0.0656$

面間の軸線

曲率半径(mm)	方向距離(mm)	屈折率 (d線)	アッベ数 (d線)
r 1= 53.027	d 1= 6.5	n 1= 1.80420	ν 1= 46.50
r 2= 170.578	d 2= 0.2		
r 3= 35.507	d 3= 1.6	n 2= 1.77250	ν 2= 49.62
r 4= 21.692	d 4= 7.7		
r 5= 194.307	d 5= 1.5	n 3= 1.60311	ν 3= 60.69
r 6= 23.330	d 6= 10.0		
r 7= -35.820	d 7= 1.4	n 4= 1.49700	ν 4= 81.61
r 8= 217.216	d 8= 3.6		
r 9= -251.787	d 9= 5.0	n 5= 1.83500	ν 5= 42.98
r10= -58.311	d10= 10.4		
r11= 44.852	d11= 8.4	n 6= 1.64769	ν 6= 33.84
r12= -29.194	d12= 1.0	n 7= 1.80518	ν 7= 25.46
r13= -70.886	d13= 18.4		
r14= 53.791	d14= 5.0	n 8= 1.45650	ν 8= 90.27
r15= -25.128	d15= 1.0	n 9= 1.58913	ν 9= 61.25
r16= -37.260	d16= 2.2		
r17= -243.849	d17= 2.0	n10= 1.71736	ν 10= 29.50
r18= 41.248	d18= 5.6		
r19= -17.697	d19= 1.0	n11= 1.72825	ν 11= 28.32
r20= 55.275	d20= 8.1	n12= 1.60311	ν 12= 60.69
r21= -25.423	d21= 0.2		
r22= -122.934	d22= 5.4	n13= 1.77250	ν 13= 49.62
r23= -48.627	d23= 0.2		

r24=	69.940	d24=	4.4	n14=	1.60311	ν 14=	60.69
r25=	0.000	d25=	1.3				
r26=	45.405	d26=	5.5	n15=	1.76182	ν 15=	26.61
r27=	263.291	d27=	0.8				
r28=	0.000	d28=	25.0	n16=	1.58913	ν 16=	61.25
r29=	0.000	d29=	3.0	n17=	1.51680	ν 17=	64.20

ズームデータ

広角端	望遠端
d 8= 3.6311	2.939
d10= 10.3766	0.4289
d16= 2.213	6.9597
d25= 1.27	7.1686

図30に、本実施例におけるズームレンズの広角端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。また、図31に、本実施例におけるズームレンズの望遠端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。

【0137】

(実施例7)

図32は本発明の第1の実施の形態の実施例7におけるズームレンズの広角端の構成を示す図、図33は本発明の第1の実施の形態の実施例7におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図である。

【0138】

本実施例は、広角端のFナンバーが $F_N0 = 1.7$ 、焦点距離が $f = 24.06$ mm、半画角が $W = 27.64^\circ$ のズームレンズにおいて、本発明の構成に基づき、ゴーストの発生やコントラストの低下を引き起こすことがないようにした設計例である。

【0139】

下記(表12)に、具体的な数値例を示す。

[表12]

条件式(1) $(G L R 1 / G L n d - B f w) / f w = -0.2494$

条件式(2) $(G L R 2 - B f w) / f w = 7.913$

条件式(3) $f G L / f w = 3.045$

条件式(4) $P g F G L = 0.6457 + 0.0017 \times v d G L$
 $= 0.01607$

条件式(5) $P g F G L n = 0.609$

条件式(6) $(P g F G L n - P g F G L) / (v d G L n - v d G L)$
 $= -0.00416$

条件式(7) $v d G p 1 - v d G n 1 = 8.3$

条件式(8) $P g F G p 1 - P g F G n 1 = -0.0233$

条件式(9) $v d G p 2 - v d G n 2 = 29.02$

条件式(10) $|P g F G p 2 - P g F G n 2| = 0.0056$

条件式(11) $|P g F G p 3 - P g F G n 3| = 0.0656$

面間の軸線

曲率半径(mm)	方向距離(mm)	屈折率(d線)	アッペ数(d線)
r 1= 54.424	d 1= 6.5	n 1= 1.80420	v 1= 46.50
r 2= 187.650	d 2= 0.2		
r 3= 36.414	d 3= 1.6	n 2= 1.77250	v 2= 49.62
r 4= 22.255	d 4= 7.7		
r 5= 264.148	d 5= 1.5	n 3= 1.60311	v 3= 60.69
r 6= 23.834	d 6= 10.0		
r 7= -37.729	d 7= 1.4	n 4= 1.49700	v 4= 81.61
r 8= 111.551	d 8= 3.5		
r 9=-1402.124	d 9= 5.0	n 5= 1.83500	v 5= 42.98
r10= -65.737	d10= 10.5		
r11= 43.154	d11= 8.4	n 6= 1.64769	v 6= 33.84

r12= -29.676	d12= 1.0	n 7= 1.80518	ν 7= 25.46
r13= -73.408	d13= 18.4		
r14= 49.403	d14= 5.0	n 8= 1.45650	ν 8= 90.27
r15= -25.516	d15= 1.0	n 9= 1.58913	ν 9= 61.25
r16= -39.010	d16= 2.2		
r17= -169.873	d17= 2.0	n10= 1.71736	ν 10= 29.50
r18= 43.217	d18= 5.6		
r19= -18.026	d19= 1.0	n11= 1.75520	ν 11= 27.53
r20= 62.357	d20= 8.1	n12= 1.60311	ν 12= 60.69
r21= -24.963	d21= 0.2		
r22= -149.985	d22= 5.4	n13= 1.77250	ν 13= 49.62
r23= -49.888	d23= 0.2		
r24= 68.536	d24= 4.4	n14= 1.60311	ν 14= 60.69
r25= 0.000	d25= 1.3		
r26= 44.922	d26= 5.5	n15= 1.75211	ν 15= 25.05
r27= 222.055	d27= 0.8		
r28= 0.000	d28= 25.0	n16= 1.58913	ν 16= 61.25
r29= 0.000	d29= 3.0	n17= 1.51680	ν 17= 64.20

ズームデータ

広角端	望遠端
d 8= 3.4616	2.939
d10= 10.5437	0.4289
d16= 2.2131	6.917
d25= 1.27	7.2171

図34に、本実施例におけるズームレンズの広角端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。また、図35に、本実施例におけるズームレンズの望遠端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面

収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。

【0140】

（実施例8）

図36は本発明の第1の実施の形態の実施例8におけるズームレンズの広角端の構成を示す図、図37は本発明の第1の実施の形態の実施例8におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図である。

【0141】

本実施例は、広角端のFナンバーが $F_N0 = 1.7$ 、焦点距離が $f = 23.89$ mm、半画角が $W = 27.81^\circ$ のズームレンズにおいて、本発明の構成に基づき、ゴーストの発生やコントラストの低下を引き起こすことがないようにした設計例である。

【0142】

下記（表13）に、具体的な数値例を示す。

[表13]

- 条件式（1） $(G_L R_1 / G_L n_d - B_f w) / f_w = -0.14481$
- 条件式（2） $(G_L R_2 - B_f w) / f_w = 9.245$
- 条件式（3） $f G_L / f_w = 3.2819$
- 条件式（4） $P_g F_G L - 0.6457 + 0.0017 \times v_d G_L$
 $= 0.0137$
- 条件式（5） $P_g F_G L n = 0.609$
- 条件式（6） $(P_g F_G L n - P_g F_G L) / (v_d G_L n - v_d G_L)$
 $= -0.0037$
- 条件式（7） $v_d G_p 1 - v_d G_n 1 = 10.6$
- 条件式（8） $P_g F_G p 1 - P_g F_G n 1 = -0.0286$
- 条件式（9） $v_d G_p 2 - v_d G_n 2 = 21.0$
- 条件式（10） $|P_g F_G p 2 - P_g F_G n 2| = 0.0027$
- 条件式（11） $|P_g F_G p 3 - P_g F_G n 3| = 0.0656$

面間の軸線

曲率半径(mm)	方向距離(mm)	屈折率 (d線)	アッベ数 (d線)
r 1= 54.634	d 1= 6.5	n 1= 1.80420	v 1= 46.50
r 2= 179.057	d 2= 0.2		
r 3= 36.987	d 3= 1.6	n 2= 1.77250	v 2= 49.62
r 4= 22.631	d 4= 7.7		
r 5= 204.301	d 5= 1.5	n 3= 1.60311	v 3= 60.69
r 6= 24.083	d 6= 10.0		
r 7= -39.931	d 7= 1.4	n 4= 1.49700	v 4= 81.61
r 8= 65.204	d 8= 3.8		
r 9= 304.480	d 9= 5.0	n 5= 1.80420	v 5= 46.50
r10= -70.059	d10= 11.0		
r11= 41.848	d11= 8.4	n 6= 1.62004	v 6= 36.30
r12= -34.535	d12= 1.0	n 7= 1.78472	v 7= 25.72
r13= -73.405	d13= 18.4		
r14= 61.881	d14= 5.0	n 8= 1.49700	v 8= 81.61
r15= -26.154	d15= 1.0	n 9= 1.64000	v 9= 60.20
r16= -42.908	d16= 2.2		
r17= -136.915	d17= 2.0	n10= 1.71736	v 10= 29.50
r18= 46.267	d18= 5.6		
r19= -18.475	d19= 1.0	n11= 1.75520	v 11= 27.53
r20= 67.041	d20= 8.1	n12= 1.60311	v 12= 60.69
r21= -26.352	d21= 0.2		
r22= -229.169	d22= 5.4	n13= 1.77250	v 13= 49.62
r23= -49.786	d23= 0.2		
r24= 65.567	d24= 4.4	n14= 1.60311	v 14= 60.69
r25= 0.000	d25= 1.3		
r26= 50.265	d26= 5.5	n15= 1.78472	v 15= 25.72
r27= 252.444	d27= 0.8		
r28= 0.000	d28= 25.0	n16= 1.58913	v 16= 61.25

r29= 0.000 d29= 3.0 n17= 1.51680 ν17= 64.20

ズームデータ

広角端	望遠端
d 8= 3.8331	2.939
d10= 11.0122	0.4289
d16= 2.2131	8.831
d25= 1.27	3.0896

図38に、本実施例におけるズームレンズの広角端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。また、図39に、本実施例におけるズームレンズの望遠端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。

【0143】

[第2の実施の形態]

図40は本発明の第2の実施の形態におけるズームレンズの広角端の構成を示す図、図41は本発明の第2の実施の形態におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図である（これら図40、図41は後述する実施例9のズームレンズを示す図面でもある）。

【0144】

図40に示すように、本実施の形態のズームレンズは、スクリーン側（図33では左側）から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群により構成されている（4群構成）。上記第1の実施の形態との相違点は、5群構成から4群構成になった点である。このようにレンズ群の数を減らすことにより、鏡筒構成を簡略化することができると共に、部品コストの削減を図ることもでき、また、組立上の困難さも軽減することができる。

【0145】

図40、図41に示すように、広角端から望遠端への変倍（ズーミング）に際

して、第1レンズ群と第4レンズ群は固定されたままで、第2レンズ群と第3レンズ群は光軸上をスクリーン側に移動する。

【0146】

第1レンズ群は、スクリーン側から順に配置された、負の屈折力を有する第1レンズ群と正の屈折力を有する第12レンズ群により構成されている。第1レンズ群は、スクリーン側から順に配置された、正レンズと、負レンズと、負レンズと、負レンズにより構成されている。一方、第12レンズ群は、空間光変調素子B側に凸面を向けた一枚のメニスカス正レンズにより構成されている。そして、投写距離が変化した場合には、第11レンズ群と第12レンズ群との間隔を変えることによって（第1レンズ群の一部のレンズを移動させることによって）フォーカシングが行われる。このように第1レンズ群の一部のレンズを移動させることによってフォーカシングを行うことにより、フォーカシングに必要な移動量を減少させて、フォーカシングによる収差の変動を小さく抑えることができる。

【0147】

以下、具体的な実施例を挙げて、本実施の形態におけるズームレンズをさらに詳細に説明する。

【0148】

（実施例9）

図40は本発明の第2の実施の形態の実施例9におけるズームレンズの広角端の構成を示す図、図41は本発明の第2の実施の形態の実施例9におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図である。

【0149】

本実施例は、広角端のFナンバーが $F_N = 1.7$ 、焦点距離が $f = 23.92$ mm、半画角が $W = 27.77^\circ$ のズームレンズにおいて、本発明の構成に基づき、簡易な鏡筒構造を実現するようにした設計例である。

【0150】

下記（表14）に、具体的な数値例を示す。

[表14]

- 条件式 (1) $(G L R 1 / G L n d - B f w) / f w = -0.21025$
- 条件式 (2) $(G L R 2 - B f w) / f w = 17.4468$
- 条件式 (3) $f G L / f w = 2.7954$
- 条件式 (4) $P g F G L - 0.6457 + 0.0017 \times v d G L$
 $= 0.0137$
- 条件式 (5) $P g F G L n = 0.609$
- 条件式 (6) $(P g F G L n - P g F G L) / (v d G L n - v d G L)$
 $= -0.0037$
- 条件式 (7) $v d G p 1 - v d G n 1 = 8.3$
- 条件式 (8) $P g F G p 1 - P g F G n 1 = -0.0233$
- 条件式 (9) $v d G p 2 - v d G n 2 = 29.02$
- 条件式 (10) $|P g F G p 2 - P g F G n 2| = 0.0056$
- 条件式 (11) $|P g F G p 3 - P g F G n 3| = 0.0688$

面間の軸線

曲率半径(mm)	方向距離(mm)	屈折率 (d線)	アッペ数 (d線)
r 0= 0.0	d 0= 2760		
r 1= 55.793	d 1= 6.5	n 1= 1.80420	v 1= 46.50
r 2= 178.095	d 2= 0.2		
r 3= 33.372	d 3= 1.6	n 2= 1.77250	v 2= 49.62
r 4= 22.126	d 4= 7.7		
r 5= 148.691	d 5= 1.5	n 3= 1.60311	v 3= 60.69
r 6= 23.067	d 6= 10.0		
r 7= -41.510	d 7= 1.4	n 4= 1.49700	v 4= 81.61
r 8= 109.800	d 8= 0.0		
r 9= 0.000	d 9= 4.8		
r10= -125.595	d10= 5.0	n 5= 1.83481	v 5= 42.72
r11= -55.879	d11= 11.2		
r12= 40.772	d12= 8.4	n 6= 1.64769	v 6= 33.84

r13= -31.187	d13= 1.0	n 7= 1.80518	ν 7= 25.46
r14= -82.137	d14= 18.5		
r15= 47.721	d15= 5.9	n 8= 1.45650	ν 8= 90.27
r16= -26.281	d16= 1.0	n 9= 1.58913	ν 9= 61.25
r17= -42.046	d17= 2.2		
r18= -473.400	d18= 2.0	n10= 1.71736	ν 10= 29.50
r19= 39.296	d19= 5.1		
r20= -18.150	d20= 1.0	n11= 1.75520	ν 11= 27.53
r21= 53.074	d21= 8.7	n12= 1.60311	ν 12= 60.69
r22= -25.409	d22= 0.2		
r23= -358.400	d23= 3.7	n13= 1.77250	ν 13= 49.62
r24= -63.345	d24= 0.2		
r25= 75.997	d25= 4.4	n14= 1.60311	ν 14= 60.69
r26=-3162.740	d26= 1.3		
r27= 47.587	d27= 5.5	n15= 1.78472	ν 15= 25.72
r28= 449.074	d28= 0.8		
r29= 0.000	d29= 25.0	n16= 1.58913	ν 16= 61.25
r30= 0.000	d30= 3.0	n17= 1.51680	ν 17= 64.20

ズームデータ

広角端	望遠端
d11= 11.1774	0.4289
d17= 2.2131	7.153
d26= 1.27	7.0796

フォーカスデータ

d0 = 2760	1380	5470
d8 = 0.0	0.19	-0.11

図42に、本実施例におけるズームレンズの広角端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。また、図43に、本実施例におけるズームレンズの望遠端の非点収差（mm）、歪曲収差（%）球面収差（mm）、倍率色収差（mm）を示す。

【0151】

[第3の実施の形態]

図44は本発明の第3の実施の形態における映像拡大投写システムを示す概略構成図である。

【0152】

図44に示すように、本実施の形態の映像拡大投写システムは、光源Cと、光源Cから放射される光によって照明されると共に、光学像を形成する空間光変調素子Bと、空間光変調素子B上の光学像を投写する投写手段としての投写レンズAとにより構成されている。ここで、投写レンズAとしては、上記第1の実施の形態で示したズームレンズが用いられている。尚、図44中、Pは本映像拡大投写システムによって投写された映像のフォーカス面を示している。

【0153】

本実施の形態の映像拡大投写システムにおいては、光源Cによって照明される空間光変調素子Bに形成された光学像が、投写レンズAによってフォーカス面Pに拡大投写される。そして、本実施の形態の映像拡大投写システムによれば、投写レンズAとして上記第1の実施の形態で示した投写レンズとしてのズームレンズを用いていることにより、不要光の少ない画像を投写することができる、ゴーストの発生やコントラストの低下の少ない画面を得ることのできる映像拡大投写システムを実現することができる。

【0154】

尚、本実施の形態においては、投写レンズAとして上記第1の実施の形態で示したズームレンズが用いられているが、上記第2の実施の形態で示したズームレンズを用いてもよい。

【0155】

[第4の実施の形態]

図45は本発明の第4の実施の形態におけるビデオプロジェクタを示す概略構成図である。

【0156】

図45に示すように、本実施の形態のビデオプロジェクタは、光源Cと、R、G、Bのフィルタを回転させることにより、光源Cからの光を青、緑、赤の3色に時間的に制限する手段Dと、光源Cから放射される光によって照明されると共に、時間的に変化する青、緑、赤の3色に対応する光学像を形成する空間光変調素子Bと、空間光変調素子B上の光学像を投写する投写手段としての投写レンズAとにより構成されている。ここで、投写レンズAとしては、上記第1の実施の形態で示したズームレンズが用いられている。

【0157】

本実施の形態のビデオプロジェクタにおいて、光源Cからの光は、青、緑、赤の3色に時間的に制限する手段Dによって青、緑、赤の3色に時間的に分解され、空間光変調素子Bを照明する。空間光変調素子Bには、青、緑、赤の3種類の光学像が時間的に分割されて形成され、投写レンズAによって拡大投写される。そして、本実施の形態のビデオプロジェクタによれば、投写レンズAとして上記第1の実施の形態で示した投写レンズを用いていることにより、倍率色収差が良好に補正され、青、緑、赤の3色の映像をスクリーン上ですれることなく重ね合わせることができる。その結果、明るくて高精細な映像を得ることのできるビデオプロジェクタを実現することができる。

【0158】

尚、本実施の形態においては、投写レンズAとして上記第1の実施の形態で示したズームレンズが用いられているが、上記第2の実施の形態で示したズームレンズを用いてもよい。

【0159】

【第5の実施の形態】

図46は本発明の第5の実施の形態におけるリアプロジェクタを示す概略構成図である。

【0160】

図46に示すように、本実施の形態のリアプロジェクタは、上記第4の実施の形態で示したビデオプロジェクタGと、ビデオプロジェクタG内の投写手段としての投写レンズA（図45参照）から投写された光を折り曲げるミラーHと、ミラーHによって折り曲げられた光を映像として映し出す透過型スクリーンIにより構成されている。尚、図46中、Jはリアプロジェクタが収容される筐体を示している。

【0161】

本実施の形態のリアプロジェクタにおいて、ビデオプロジェクタGから投写される映像が、ミラーHによって反射されて、透過型スクリーンIに結像される。そして、本実施の形態のリアプロジェクタによれば、ビデオプロジェクタGとして上記第4の実施の形態で示したビデオプロジェクタが用いられているので、高精細な画面を得ることのできるリアプロジェクタを実現することができる。

【0162】

[第6の実施の形態]

図47は本発明の第6の実施の形態におけるマルチビジョンシステムを示す概略構成図である。

【0163】

図47に示すように、本実施の形態のマルチビジョンシステムは、上記第4の実施の形態で示したビデオプロジェクタGと、ビデオプロジェクタG内の投写手段としての投写レンズA（図45参照）から投写された光を映像として映し出す透過型スクリーン透過型スクリーンIと、筐体Kとをそれぞれ有する複数台のシステムと、映像信号を分割して各ビデオプロジェクタGに送る映像分割回路Lにより構成されている。

【0164】

本実施の形態のマルチビジョンシステムにおいて、映像信号は、映像分割回路Lによって加工分割されて複数台のビデオプロジェクタGに送られる。各ビデオプロジェクタGから投写される映像は各透過型スクリーンIに結像される。そして、本実施の形態のマルチビジョンシステムによれば、ビデオプロジェクタGとして上記第4の実施の形態で示したビデオプロジェクタが用いられているので、

歪曲収差がよく補正され、各ビデオプロジェクタからの映像のつなぎ目がよく一致する。その結果、高精細な画面を得ることのできるマルチビジョンシステムを実現することができる。

【0165】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、レンズ構成を適切に設定することにより、ゴーストの発生やコントラストの低下の少ない、投写レンズに好適なズームレンズを提供することができる。また、本発明によれば、そのようなズームレンズを用いることにより、明るくて高画質の大画面映像を安価に得ることのできる映像拡大投写システム、ビデオプロジェクタ、リアプロジェクタ、マルチビジョンシステムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1（a）は本発明の第1の実施の形態における空間光変調素子に最も近いレンズの屈折率と反射率との関係を示す図、図1（b）は当該レンズの屈折率とコントラストとの関係を示す図

【図2】

本発明の第1の実施の形態の実施例1におけるズームレンズの広角端の構成を示す図

【図3】

本発明の第1の実施の形態の実施例1におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図

【図4】

本発明の第1の実施の形態の実施例1におけるズームレンズの広角端の収差性能図

【図5】

本発明の第1の実施の形態の実施例1におけるズームレンズの望遠端の収差性能図

【図6】

本発明の第1の実施の形態の実施例2におけるズームレンズの広角端の構成を示す図

【図7】

本発明の第1の実施の形態の実施例2におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図

【図8】

本発明の第1の実施の形態の実施例2におけるズームレンズの広角端の収差性能図

【図9】

本発明の第1の実施の形態の実施例2におけるズームレンズの望遠端の収差性能図

【図10】

本発明の第1の実施の形態の実施例2におけるズームレンズを、プロジェクタの投写レンズとして用いた場合の光路図

【図11】

本発明の第1の実施の形態の実施例3におけるズームレンズの広角端の構成を示す図

【図12】

本発明の第1の実施の形態の実施例3におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図

【図13】

本発明の第1の実施の形態の実施例3におけるズームレンズの広角端の収差性能図

【図14】

本発明の第1の実施の形態の実施例3におけるズームレンズの望遠端の収差性能図

【図15】

本発明の第1の実施の形態の実施例3におけるズームレンズを、プロジェクタの投写レンズとして用いた場合の光路図

【図16】

本発明の第1の実施の形態の比較例1におけるズームレンズを、プロジェクタの投写レンズとして用いた場合の光路図

【図17】

本発明の第1の実施の形態の比較例2におけるズームレンズを、プロジェクタの投写レンズとして用いた場合の光路図

【図18】

本発明の第1の実施の形態の実施例4におけるズームレンズの広角端の構成を示す図

【図19】

本発明の第1の実施の形態の実施例4におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図

【図20】

本発明の第1の実施の形態の実施例4におけるズームレンズの広角端の収差性能図

【図21】

本発明の第1の実施の形態の実施例4におけるズームレンズの望遠端の収差性能図

【図22】

本発明の第1の実施の形態の実施例4におけるズームレンズを、プロジェクタの投写レンズとして用いた場合の光路図

【図23】

本発明の第1の実施の形態の実施例5におけるズームレンズの広角端の構成を示す図

【図24】

本発明の第1の実施の形態の実施例5におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図

【図25】

本発明の第1の実施の形態の実施例5におけるズームレンズの広角端の収差性

能図

【図26】

本発明の第1の実施の形態の実施例5におけるズームレンズの望遠端の収差性能図

【図27】

本発明の第1の実施の形態の実施例5におけるズームレンズを、プロジェクタの投写レンズとして用いた場合の光路図

【図28】

本発明の第1の実施の形態の実施例6におけるズームレンズの広角端の構成を示す図

【図29】

本発明の第1の実施の形態の実施例6におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図

【図30】

本発明の第1の実施の形態の実施例6におけるズームレンズの広角端の収差性能図

【図31】

本発明の第1の実施の形態の実施例6におけるズームレンズの望遠端の収差性能図

【図32】

本発明の第1の実施の形態の実施例7におけるズームレンズの広角端の構成を示す図

【図33】

本発明の第1の実施の形態の実施例7におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図

【図34】

本発明の第1の実施の形態の実施例7におけるズームレンズの広角端の収差性能図

【図35】

本発明の第 1 の実施の形態の実施例 7 におけるズームレンズの望遠端の収差性能図

【図 3 6】

本発明の第 1 の実施の形態の実施例 8 におけるズームレンズの広角端の構成を示す図

【図 3 7】

本発明の第 1 の実施の形態の実施例 8 におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図

【図 3 8】

本発明の第 1 の実施の形態の実施例 8 におけるズームレンズの広角端の収差性能図

【図 3 9】

本発明の第 1 の実施の形態の実施例 8 におけるズームレンズの望遠端の収差性能図

【図 4 0】

本発明の第 2 の実施の形態の実施例 9 におけるズームレンズの広角端の構成を示す図

【図 4 1】

本発明の第 2 の実施の形態の実施例 9 におけるズームレンズの望遠端の構成を示す図

【図 4 2】

本発明の第 2 の実施の形態の実施例 9 におけるズームレンズの広角端の収差性能図

【図 4 3】

本発明の第 2 の実施の形態の実施例 9 におけるズームレンズの望遠端の収差性能図

【図 4 4】

本発明の第 3 の実施の形態における映像拡大投写システムを示す概略構成図

【図 4 5】

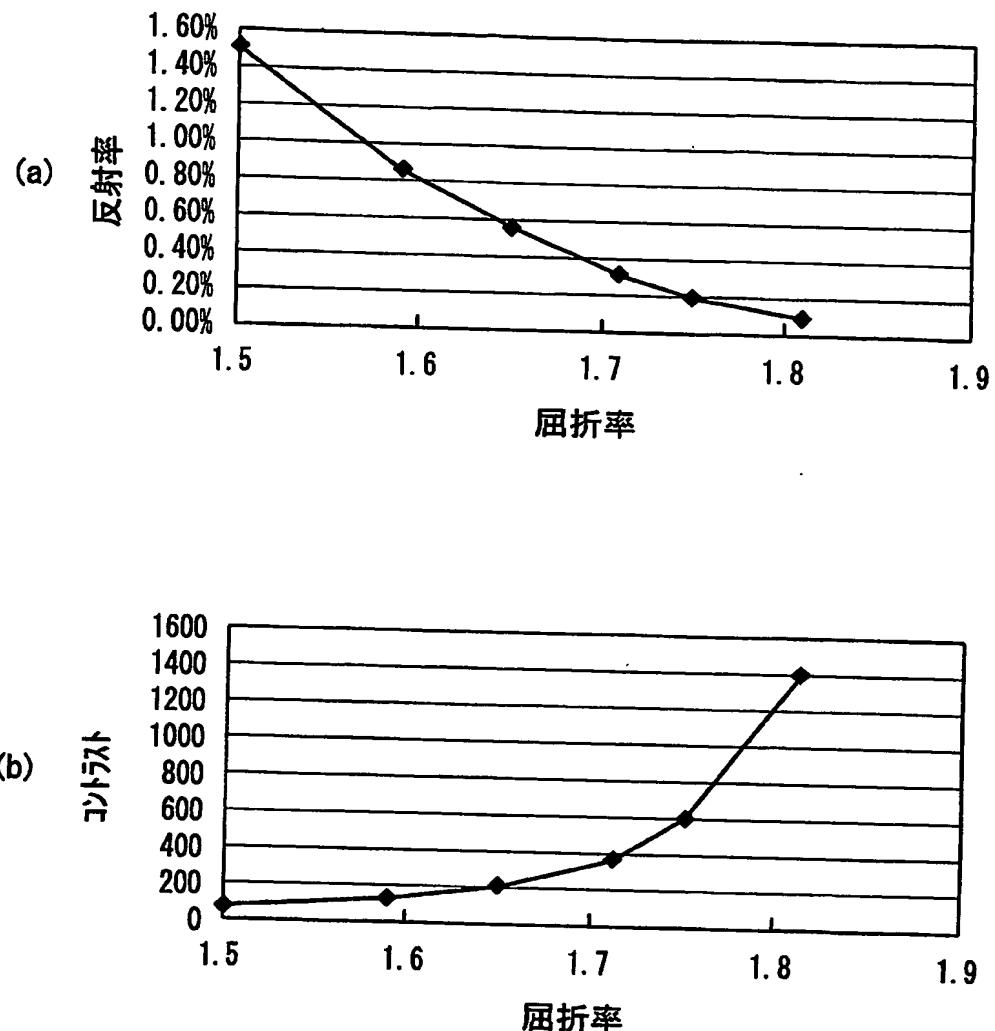
本発明の第4の実施の形態におけるビデオプロジェクタを示す概略構成図
【図46】

本発明の第5の実施の形態におけるリアプロジェクタを示す概略構成図
【図47】

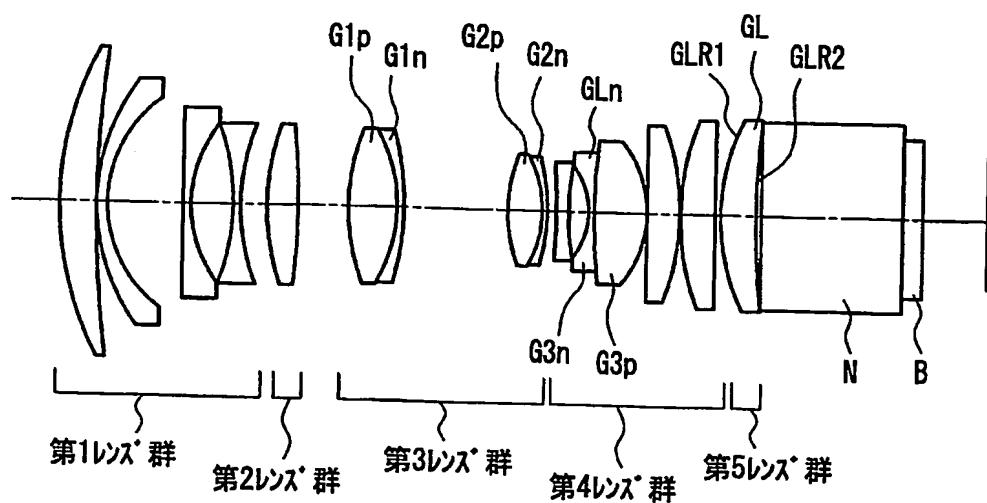
本発明の第6の実施の形態におけるマルチビジョンシステムを示す概略構成図
【符号の説明】

- A 投写レンズ
- B 空間光変調素子
- C 光源
- D 光源からの光を青、緑、赤の3色に時間的に制限する手段
- G ビデオプロジェクタ
- H ミラー
- I 透過型スクリーン
- J 筐体
- K 筐体
- L 映像分割回路
- N プリズム
- P フォーカス面

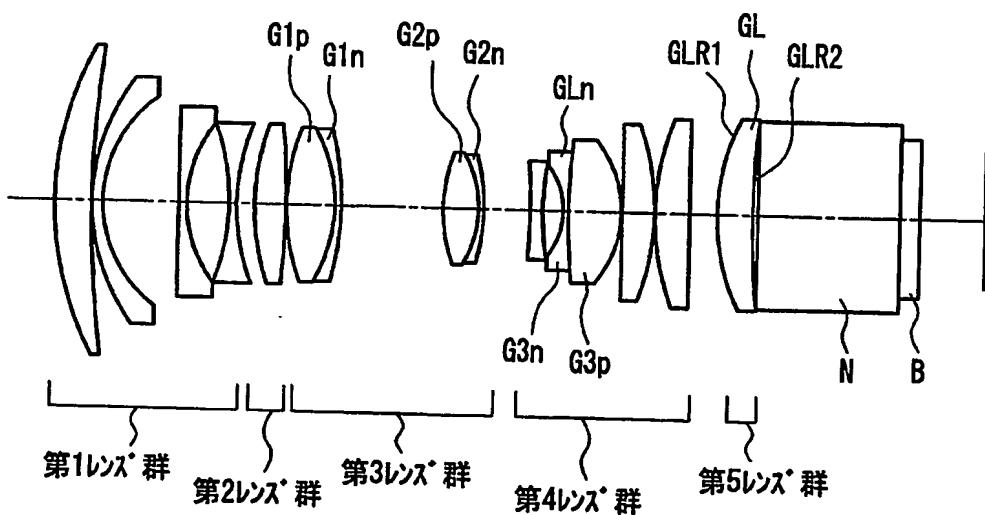
【書類名】 図面
【図1】



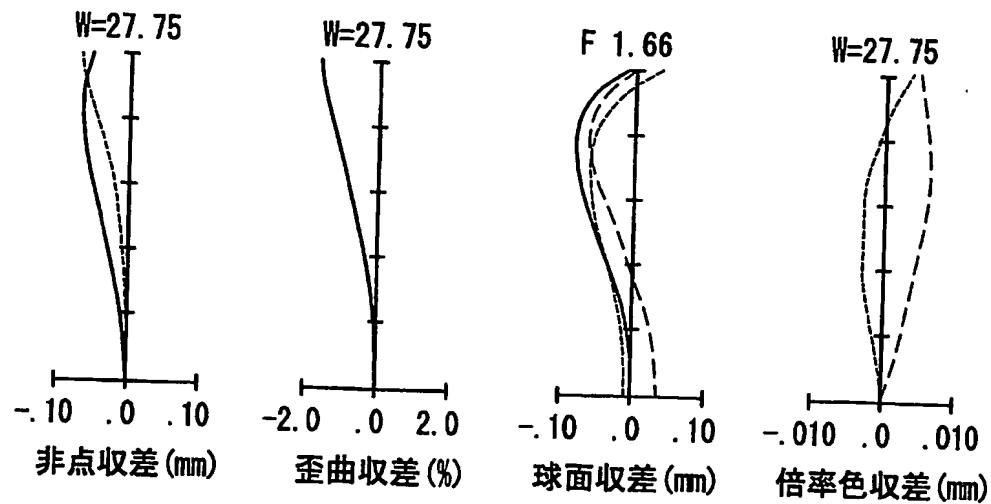
【図2】



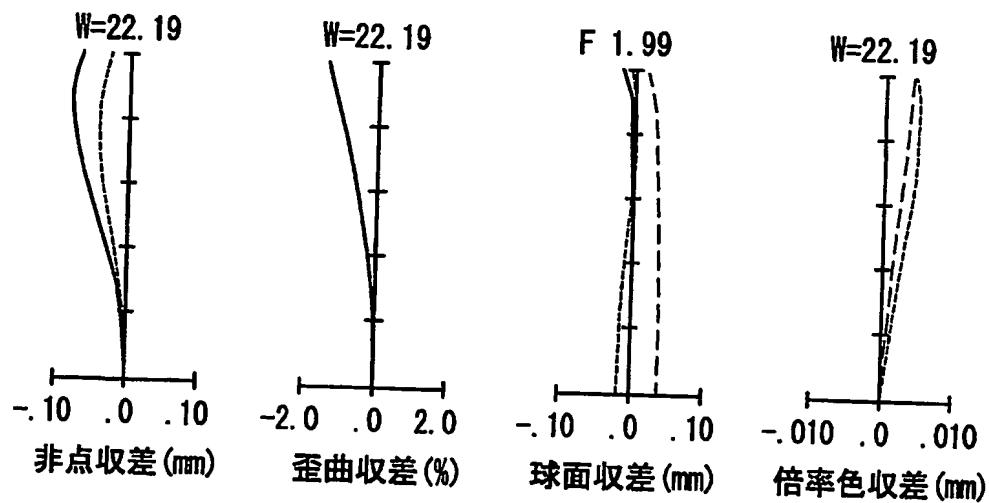
【図3】



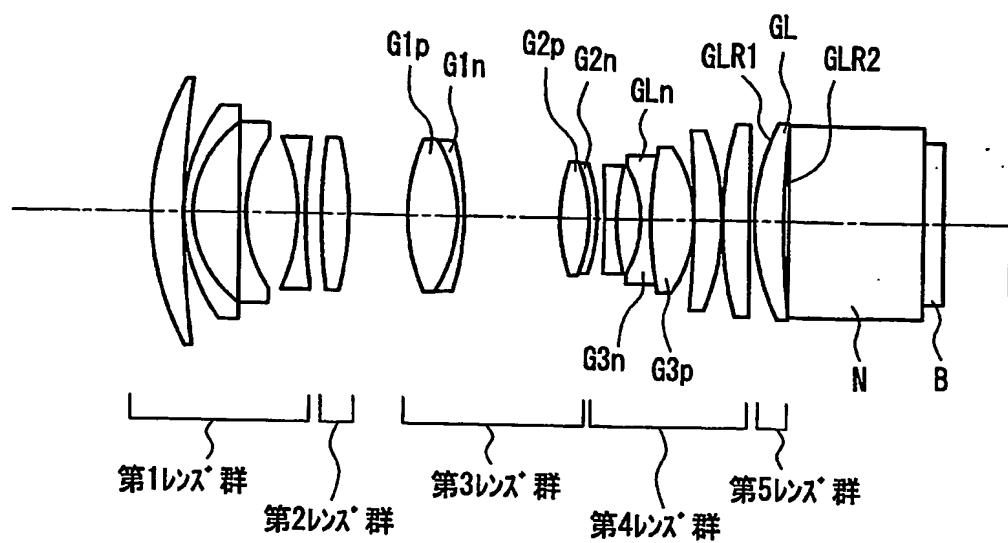
【図4】



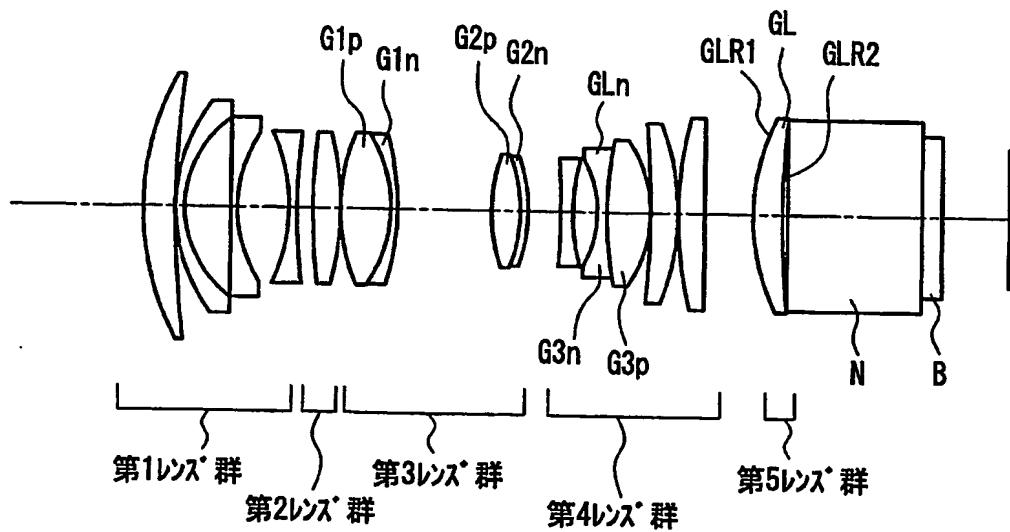
【図5】



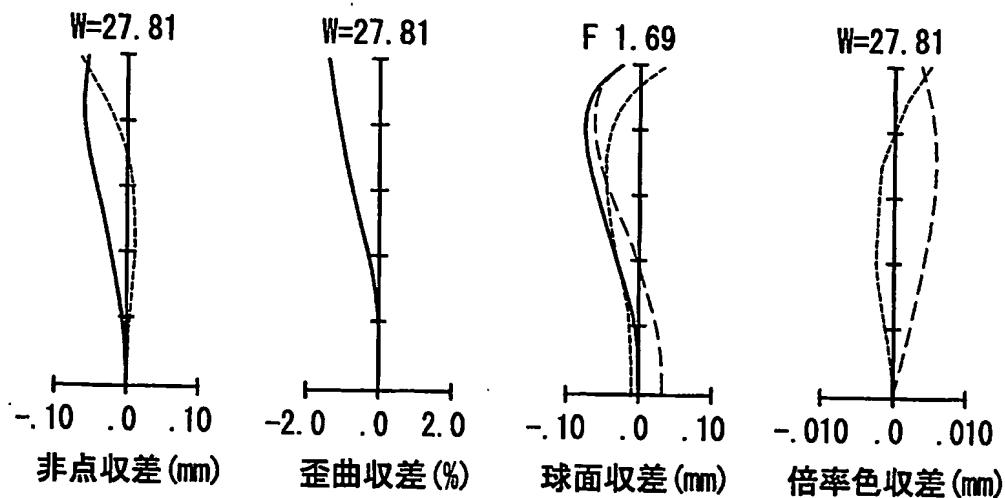
【図6】



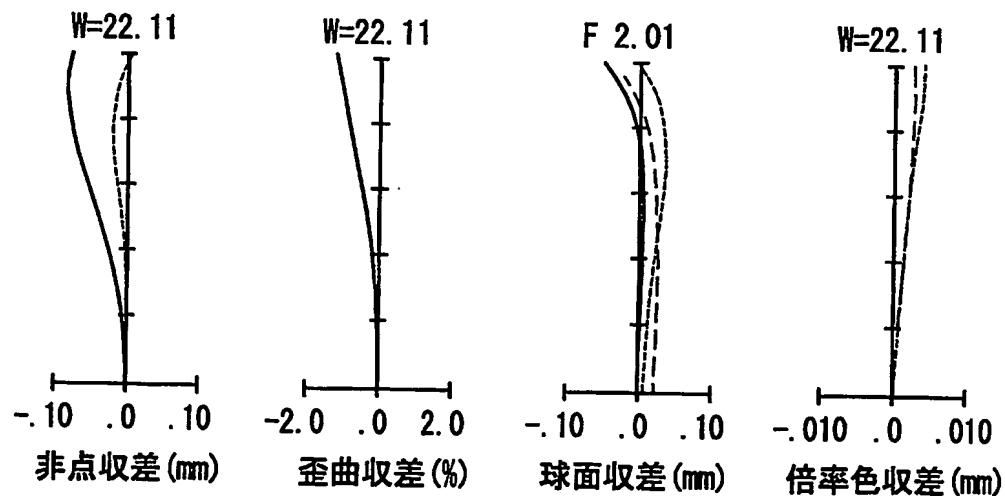
【図7】



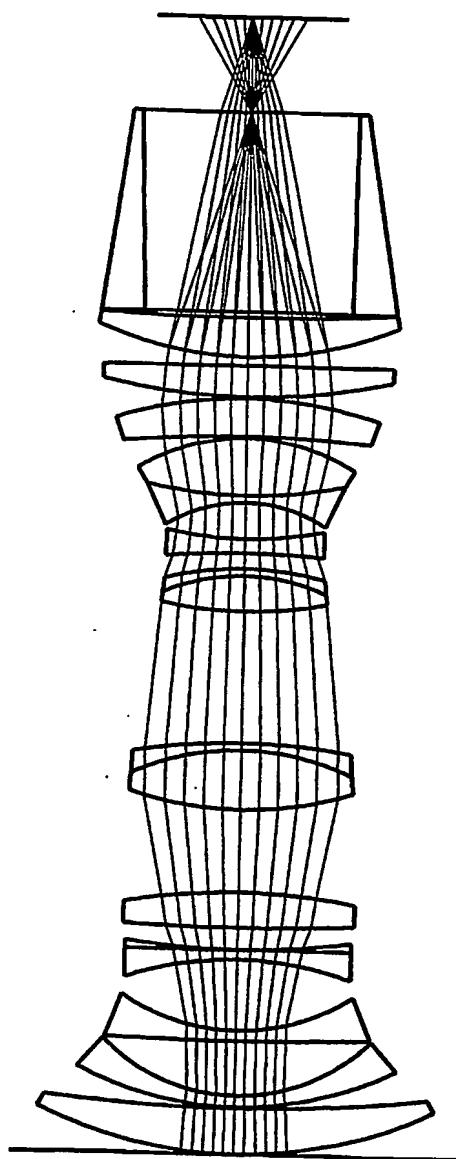
【図8】



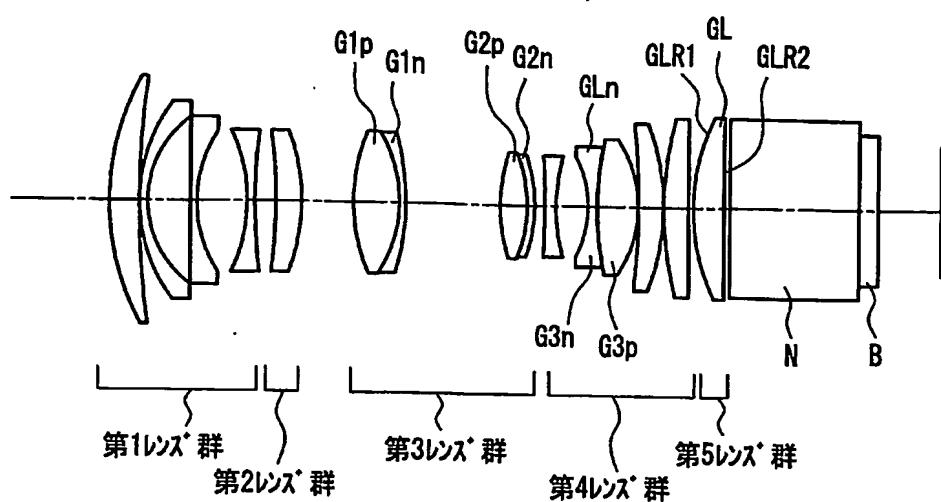
【図9】



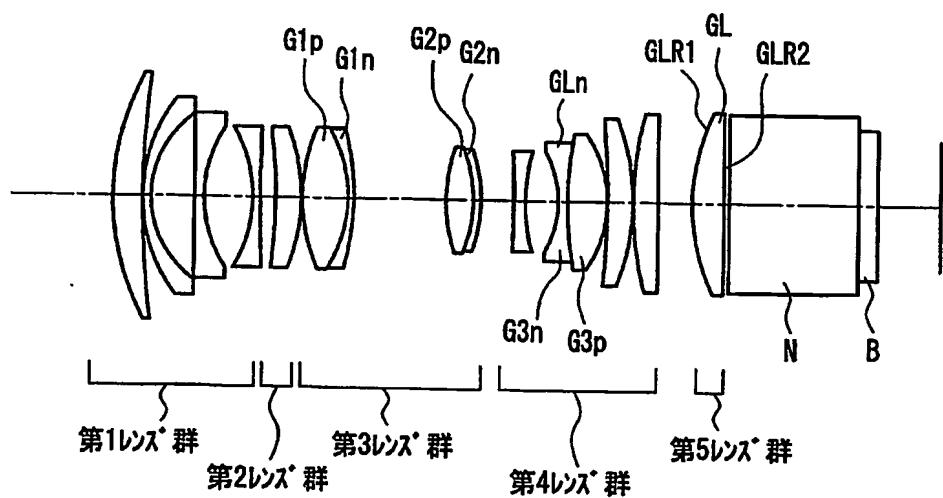
【図10】



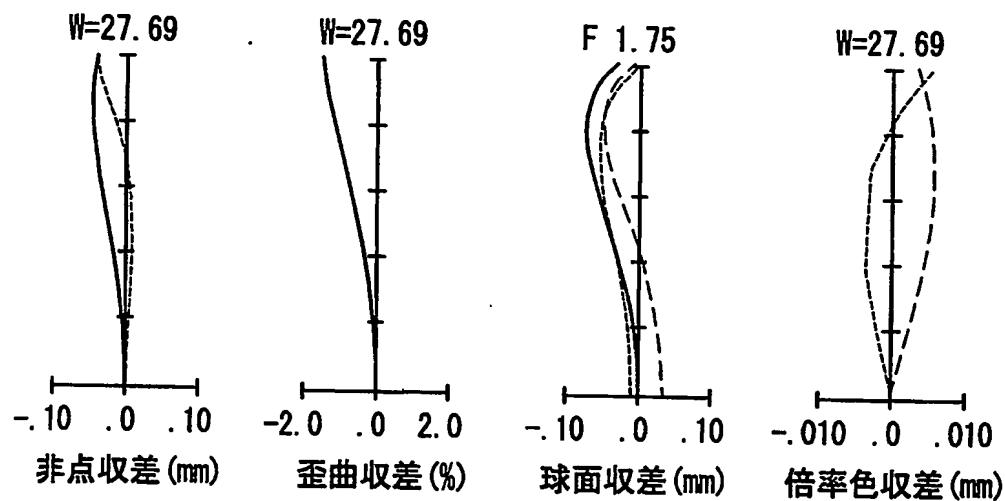
【図 1 1】



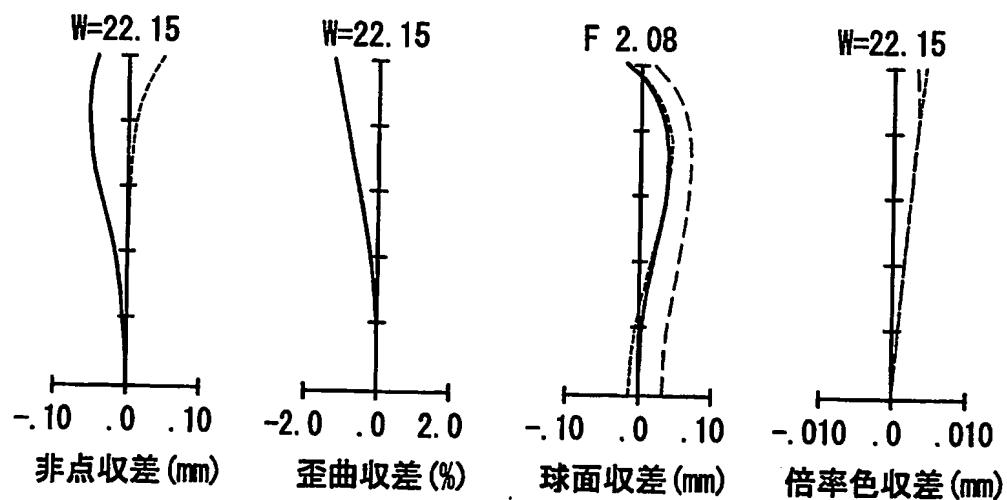
【図 1 2】



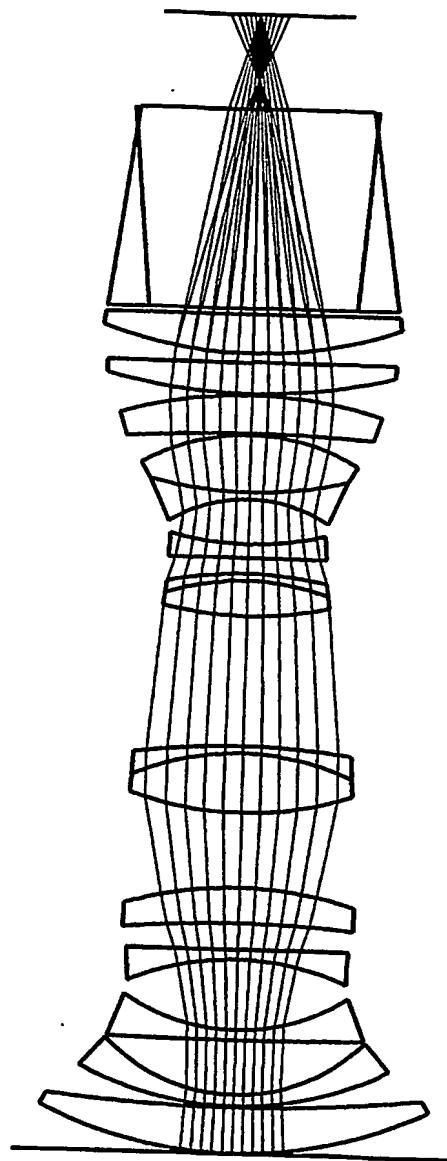
【図13】



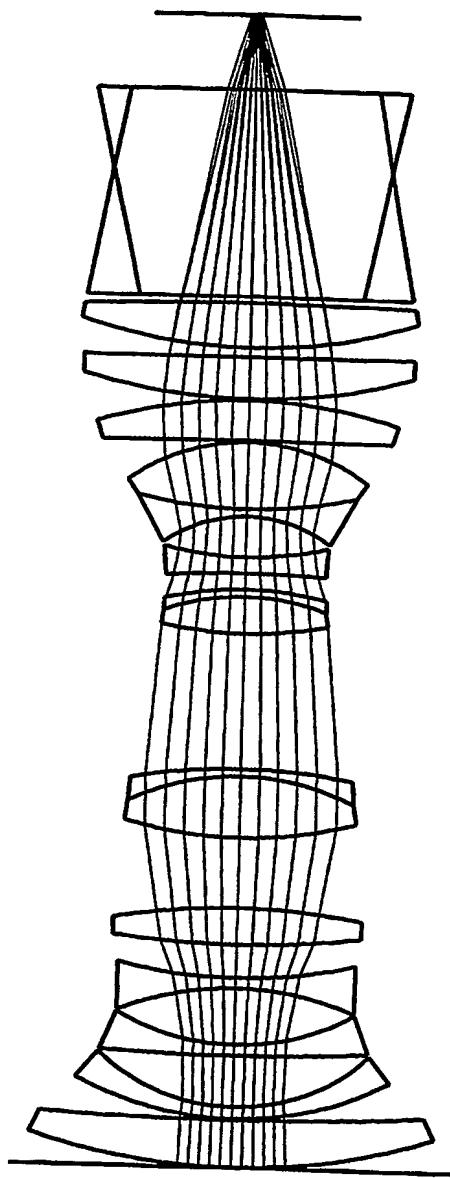
【図14】



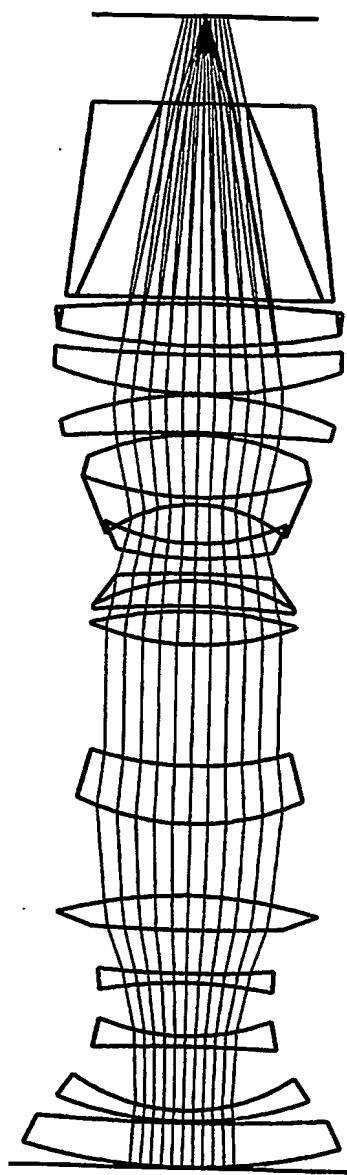
【図15】



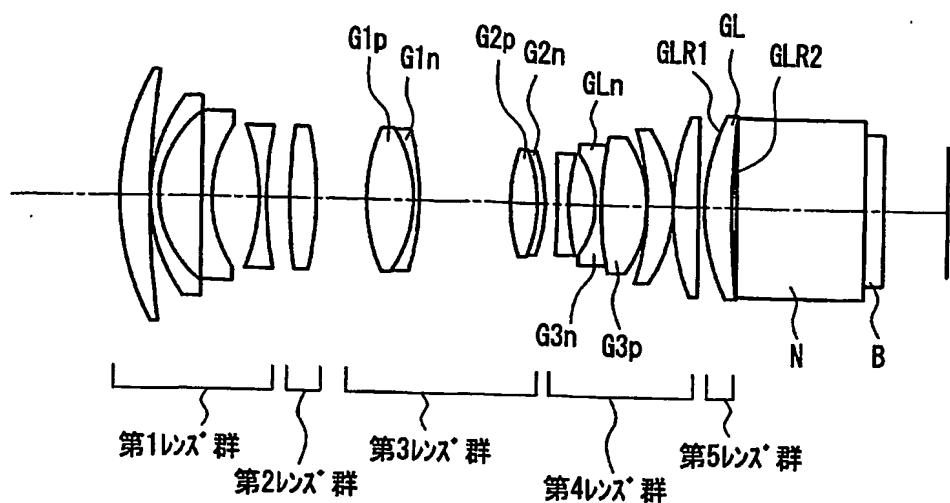
【図16】



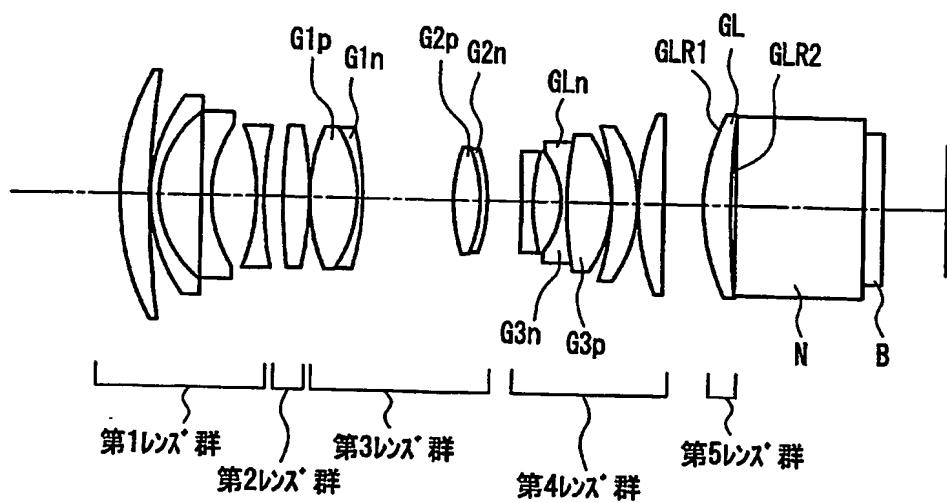
【図17】



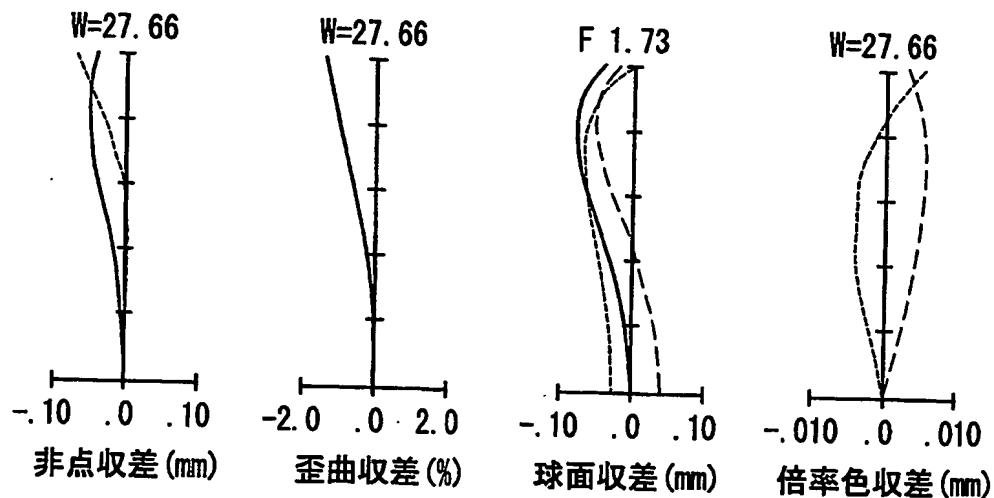
【図18】



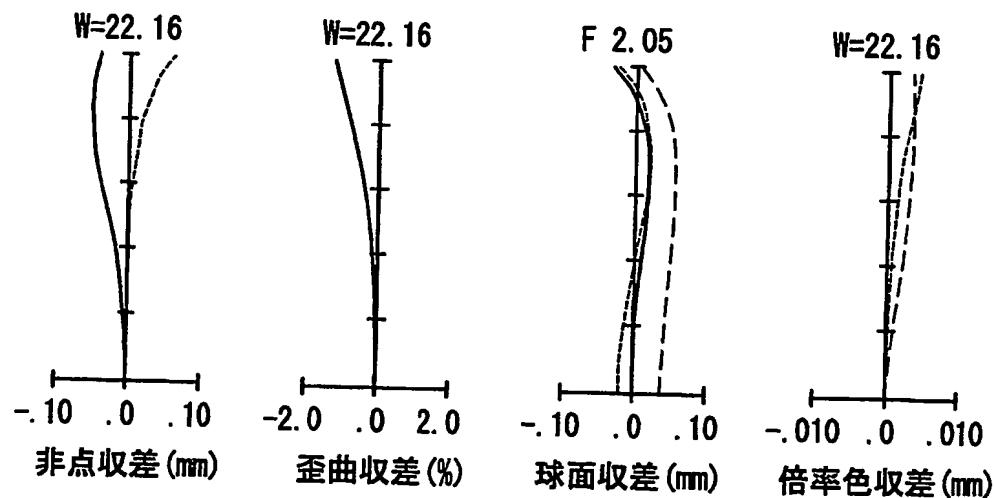
【図19】



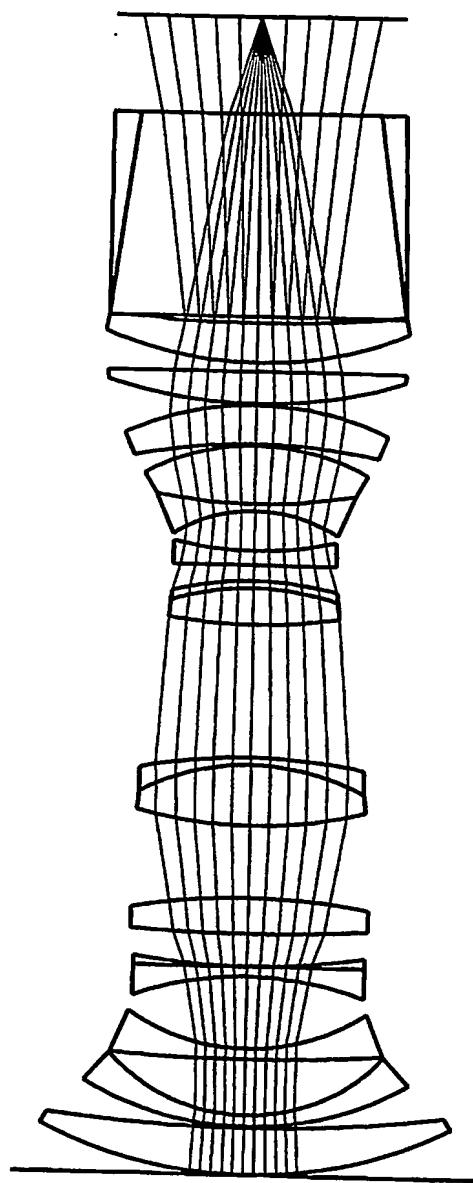
【図20】



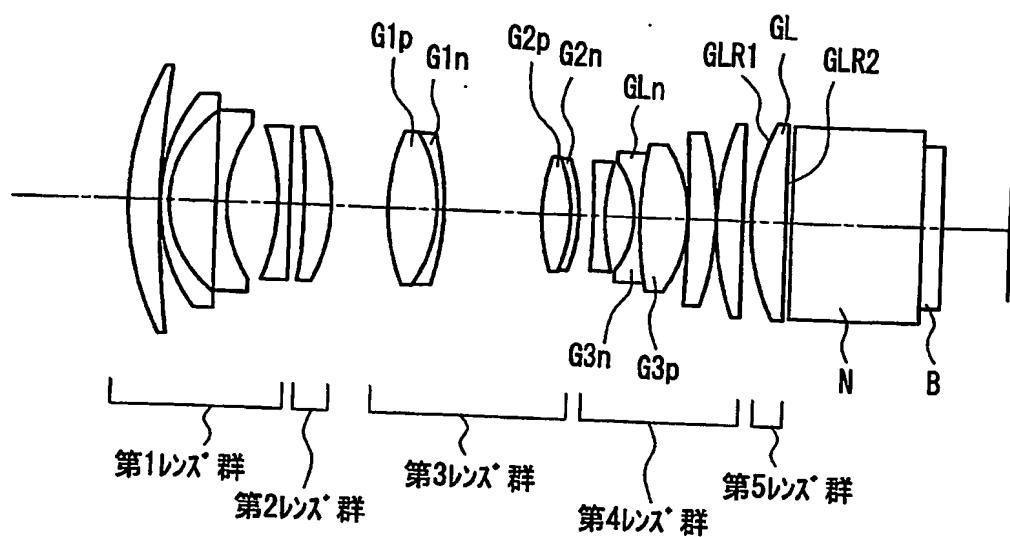
【図21】



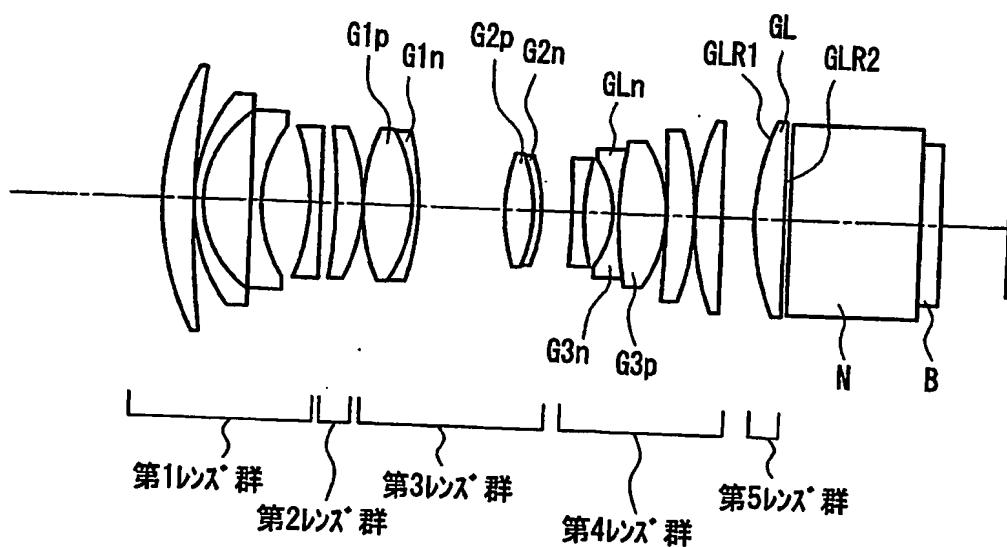
【図22】



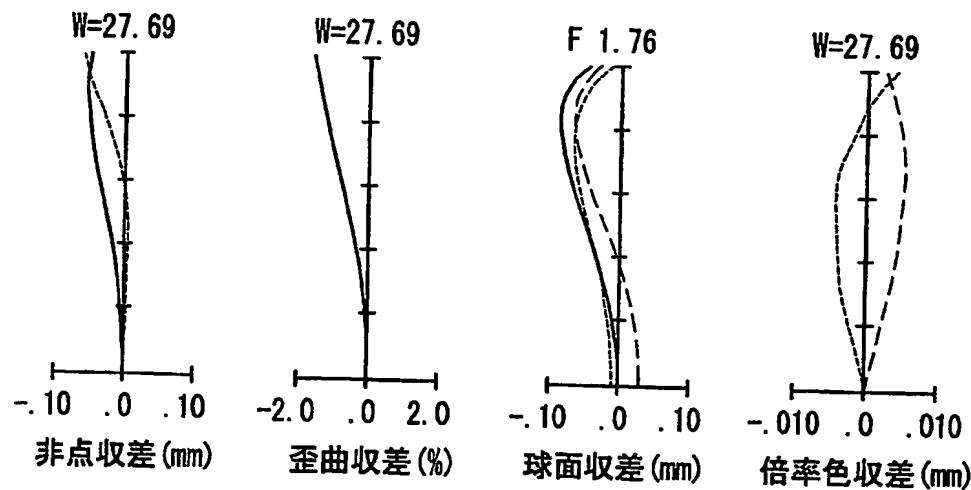
【図23】



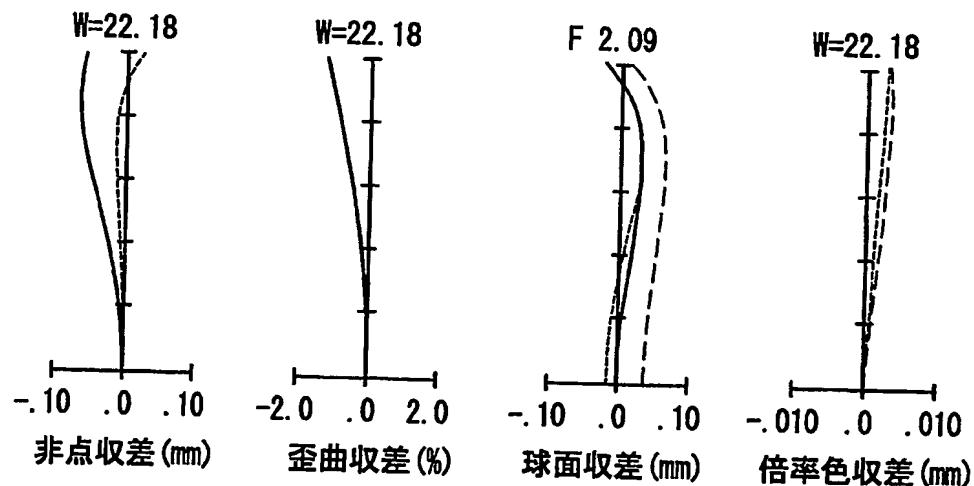
【図24】



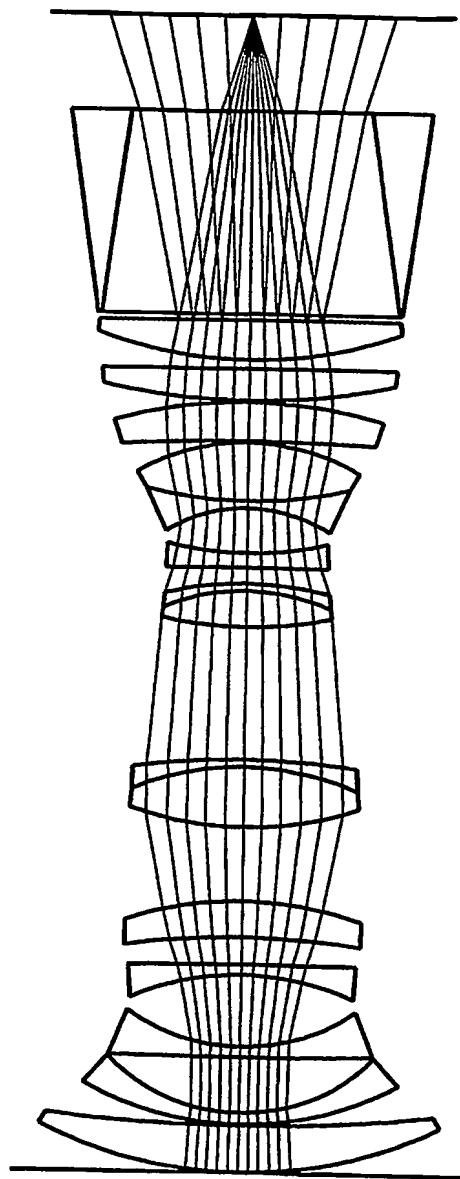
【図25】



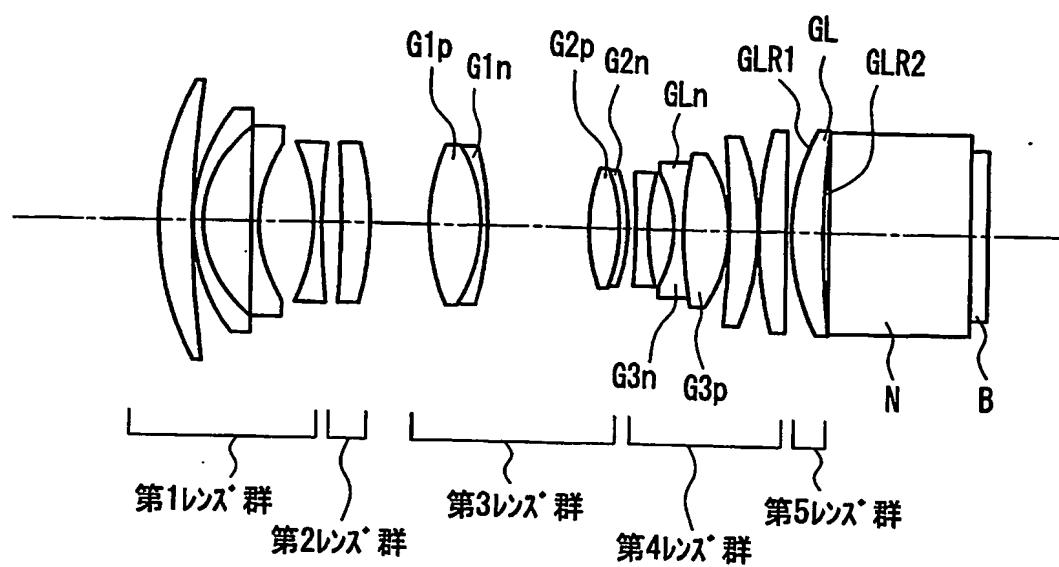
【図26】



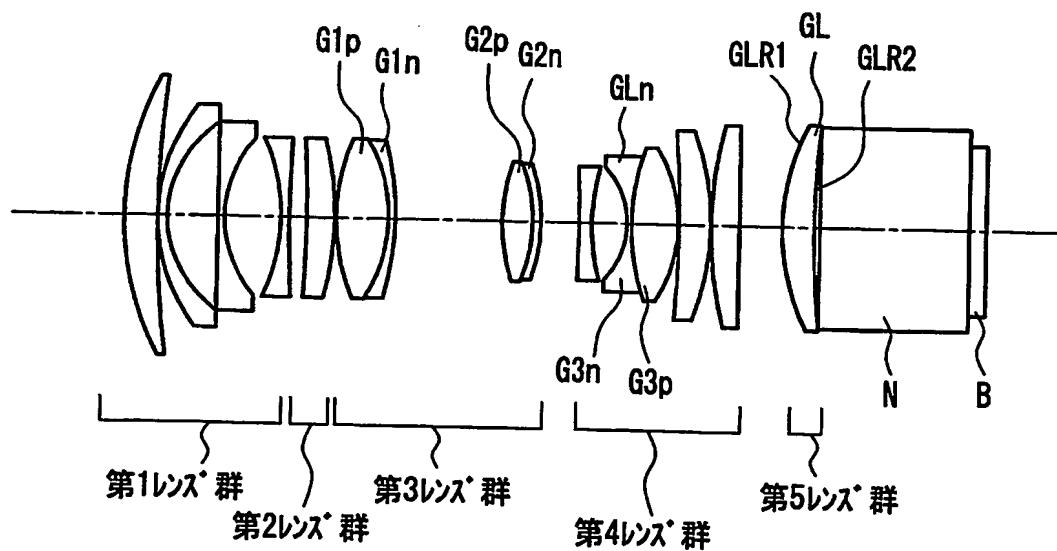
【図27】



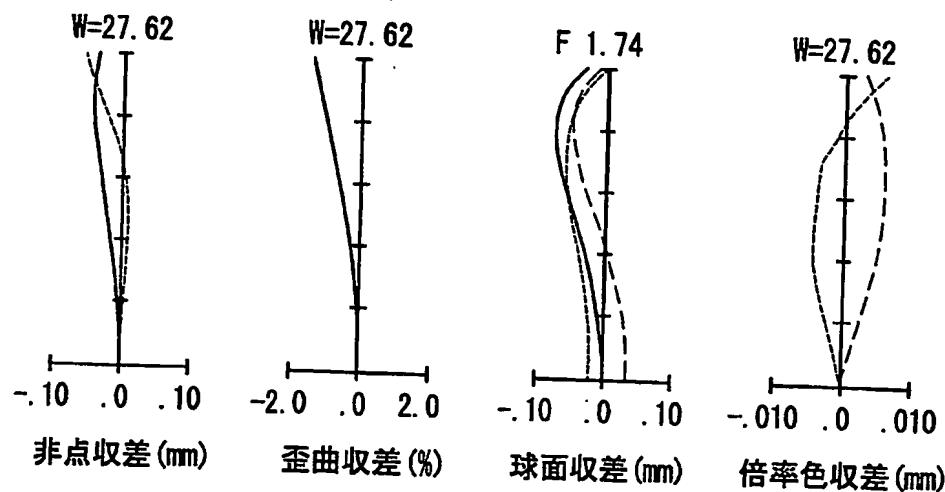
【図 28】



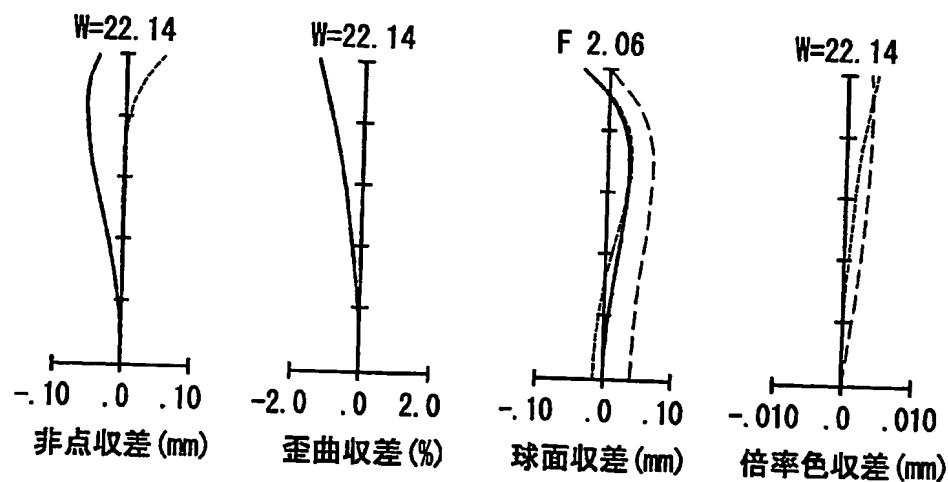
【図 29】



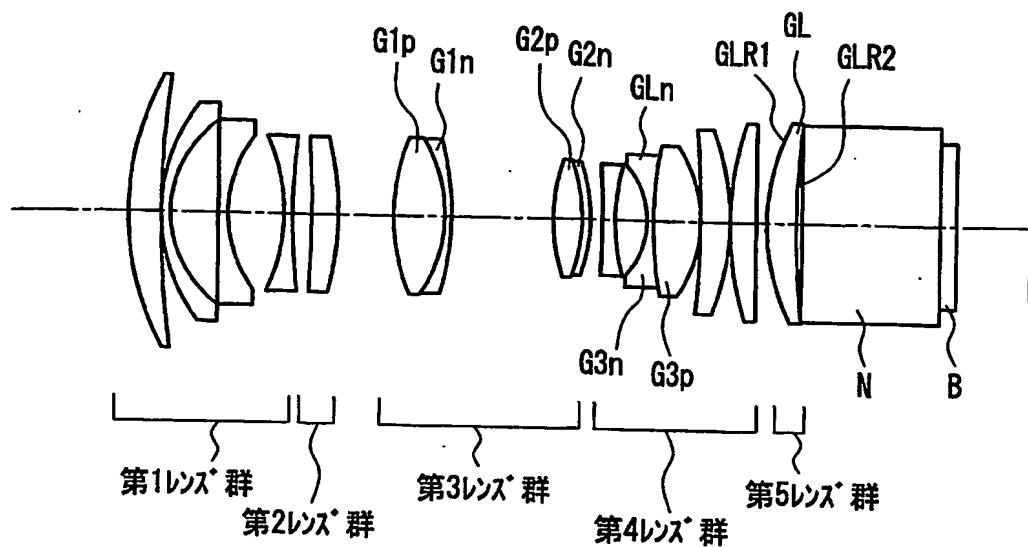
【図30】



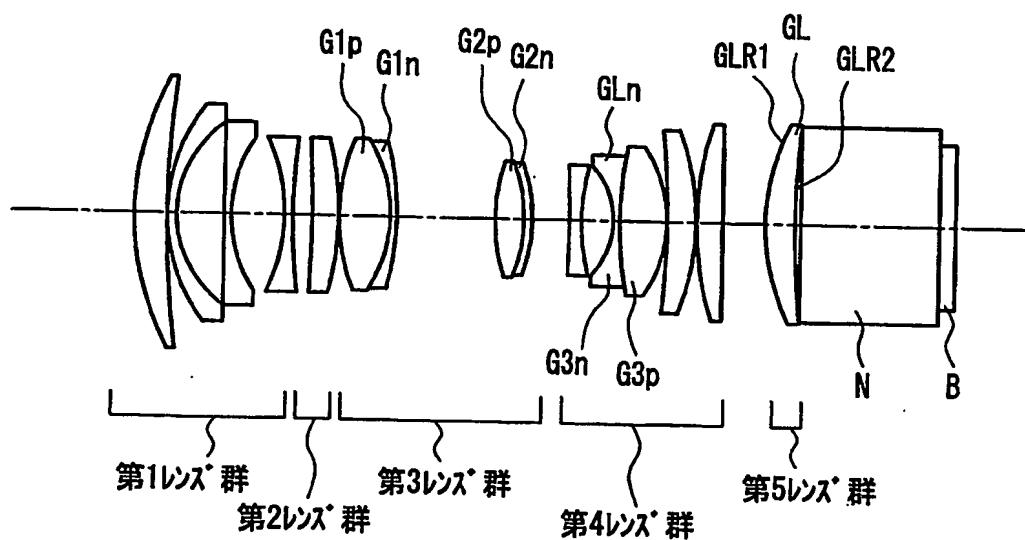
【図31】



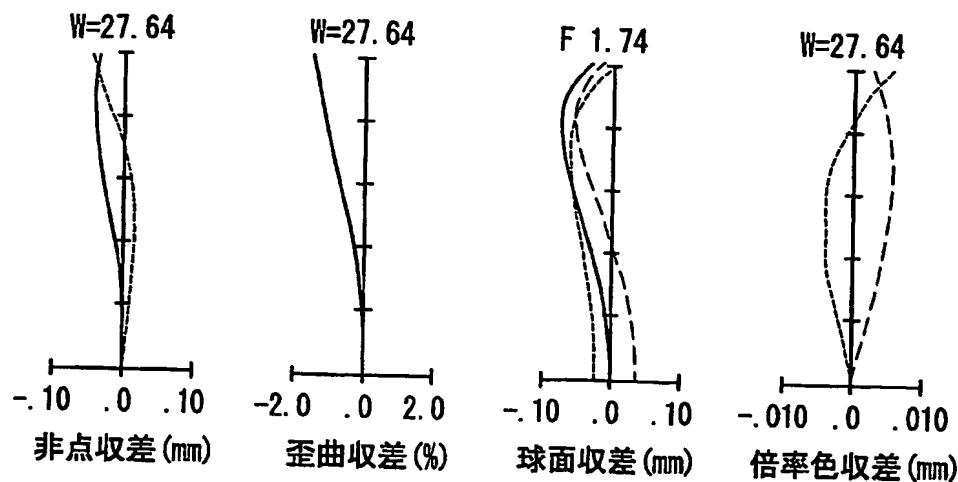
【図32】



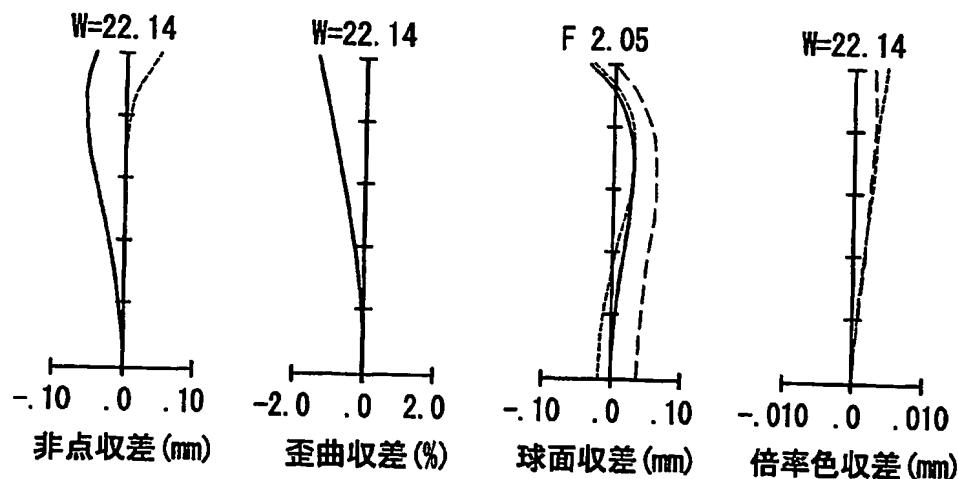
【図33】



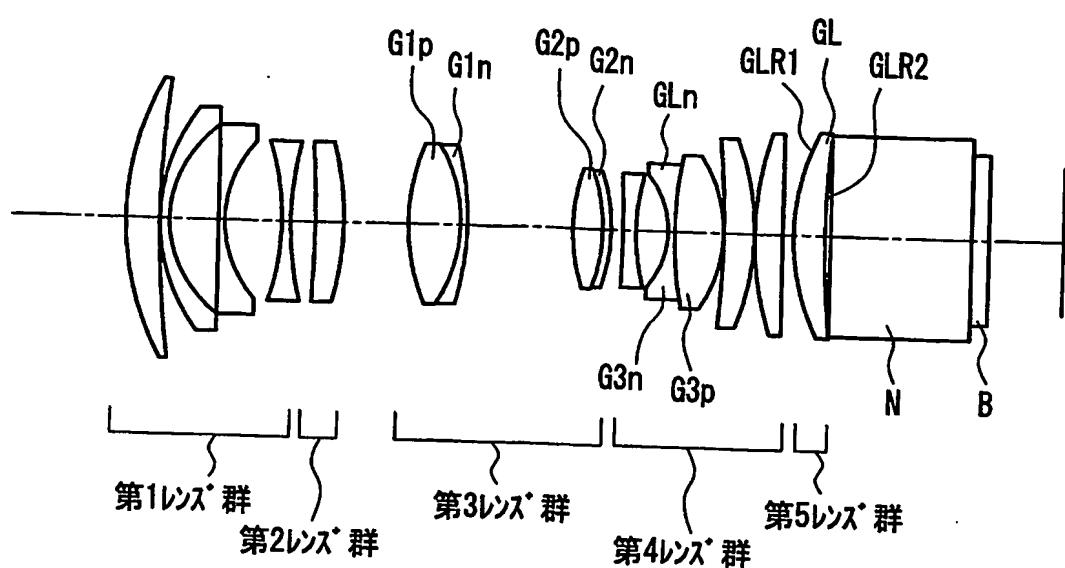
【図34】



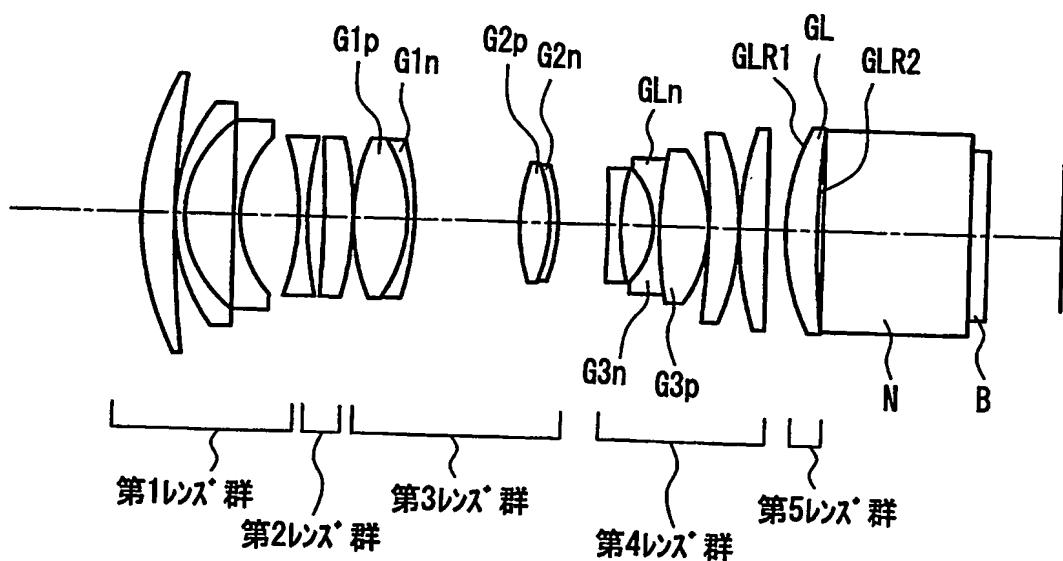
【図35】



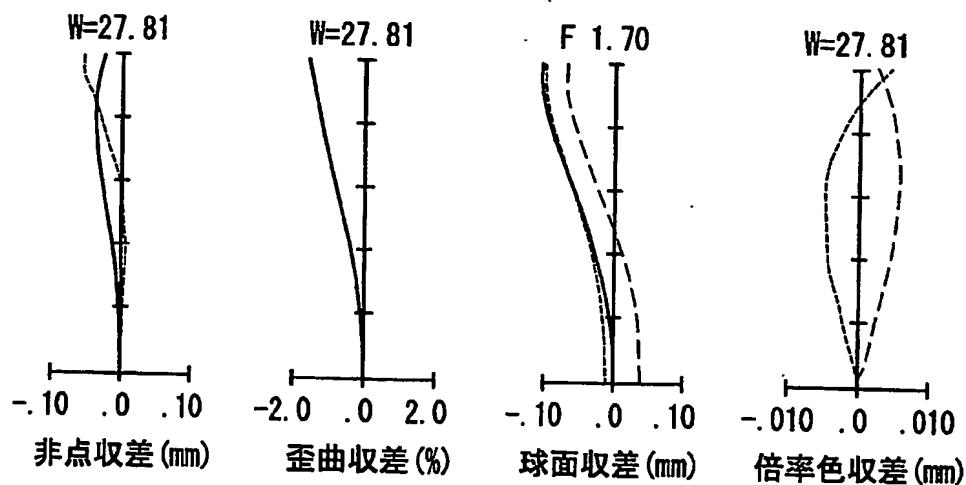
【図 3 6】



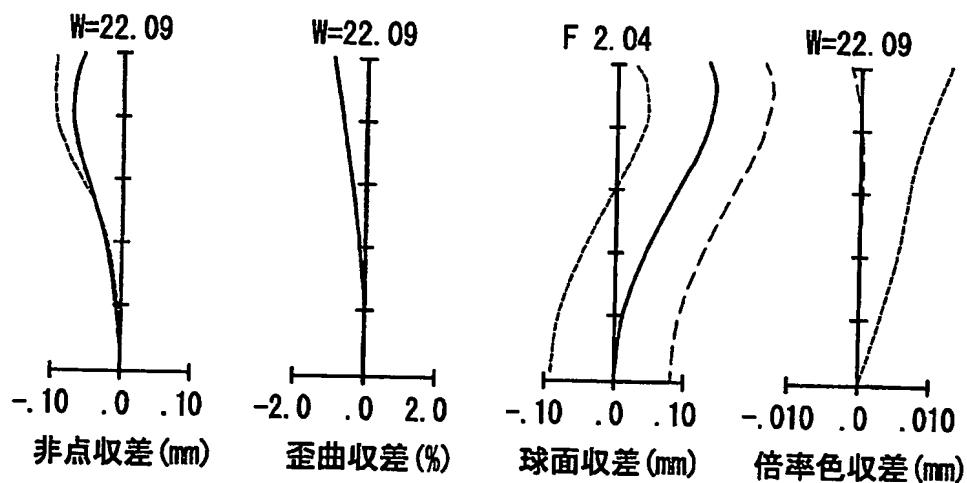
【図 3 7】



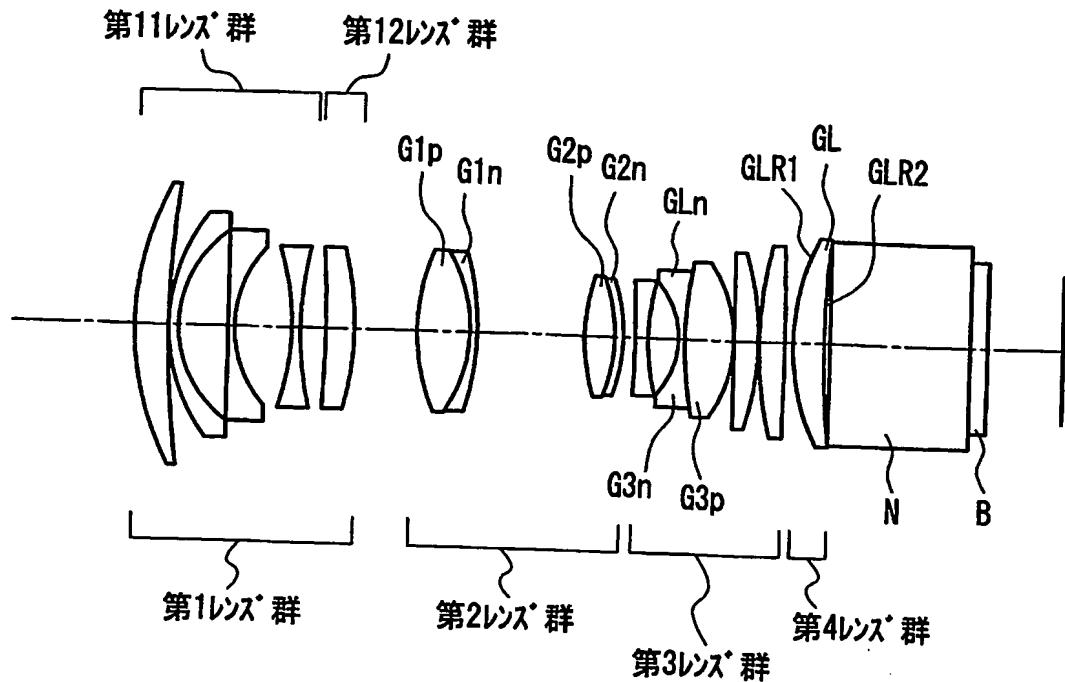
【図38】



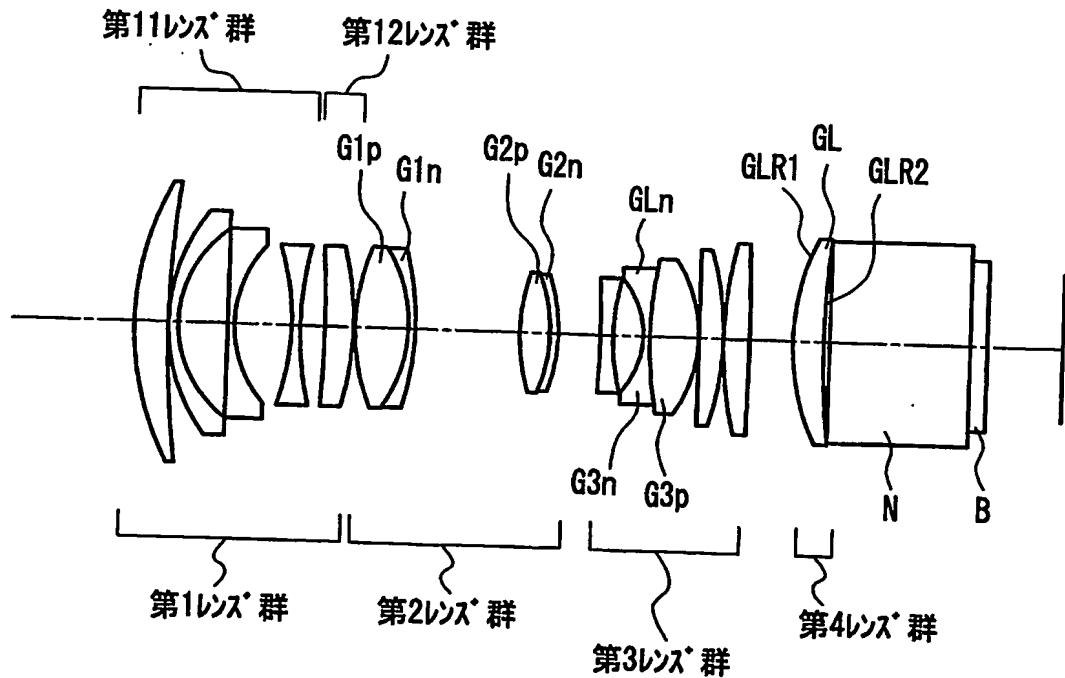
【図39】



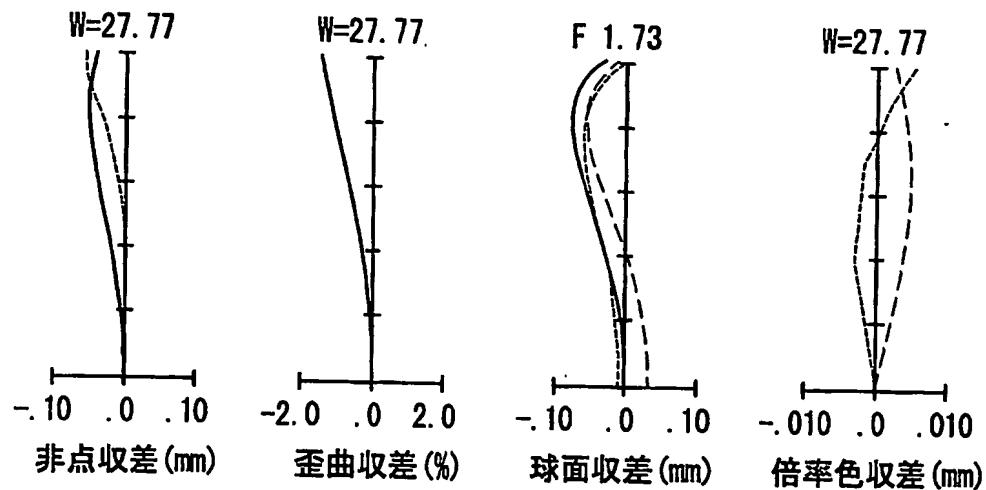
【図40】



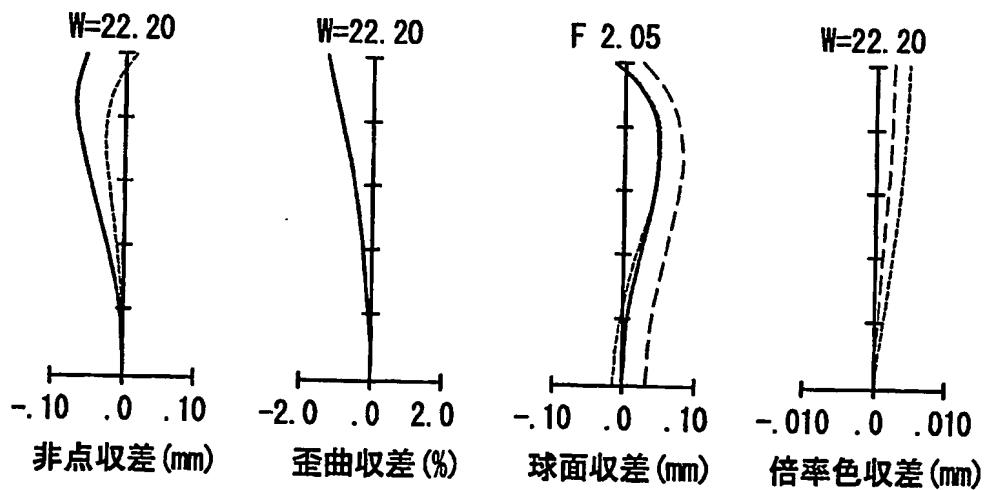
【図41】



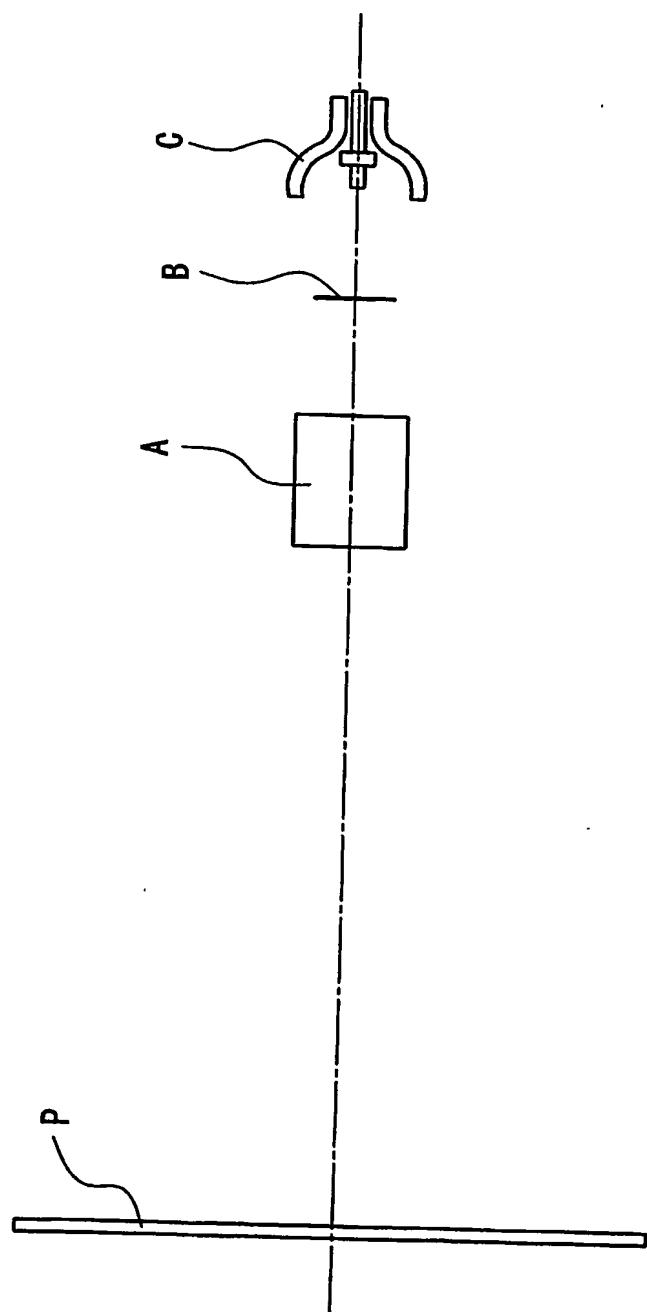
【図42】



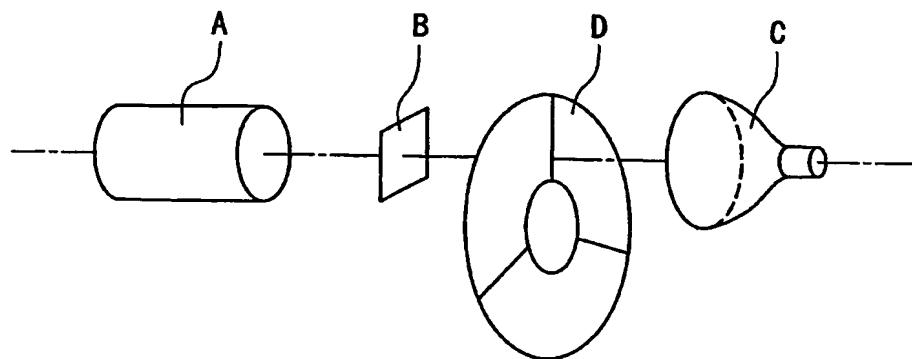
【図43】



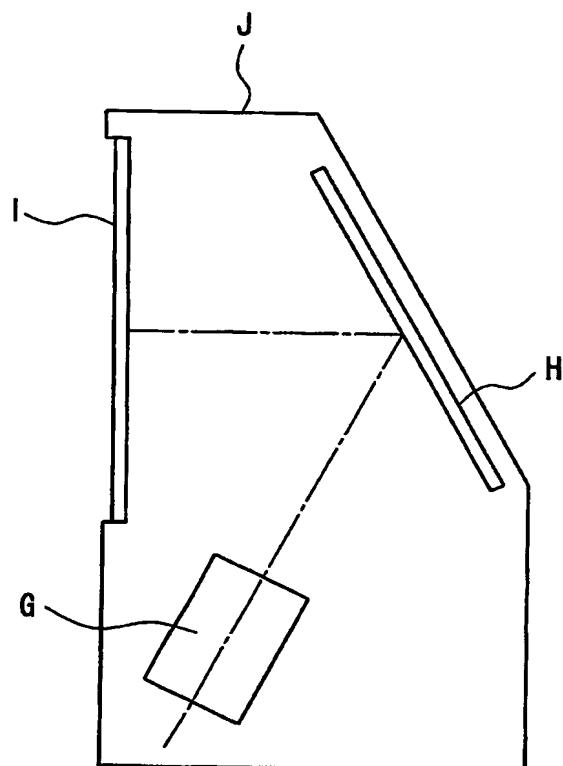
【図44】



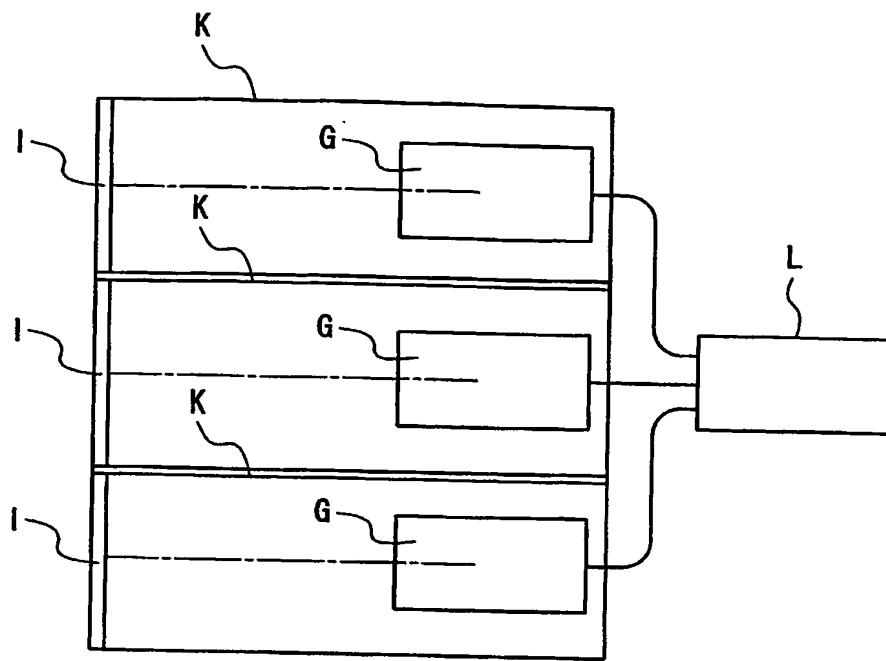
【図45】



【図46】



【図47】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 不要光の発生の少ない、投写レンズに好適なズームレンズを提供する。

【解決手段】 投写レンズと空間光変調素子Bとの間にプリズムを配してなるプロジェクタの前記投写レンズとして用いられるズームレンズである。空間光変調素子Bに最も近いレンズが、スクリーン側に凸面を向けたメニスカス正レンズであり、前記メニスカス正レンズの屈折率が1.75以上である。

【選択図】 図2

特願 2003-177127

出願人履歴情報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住所 大阪府門真市大字門真1006番地
氏名 松下電器産業株式会社